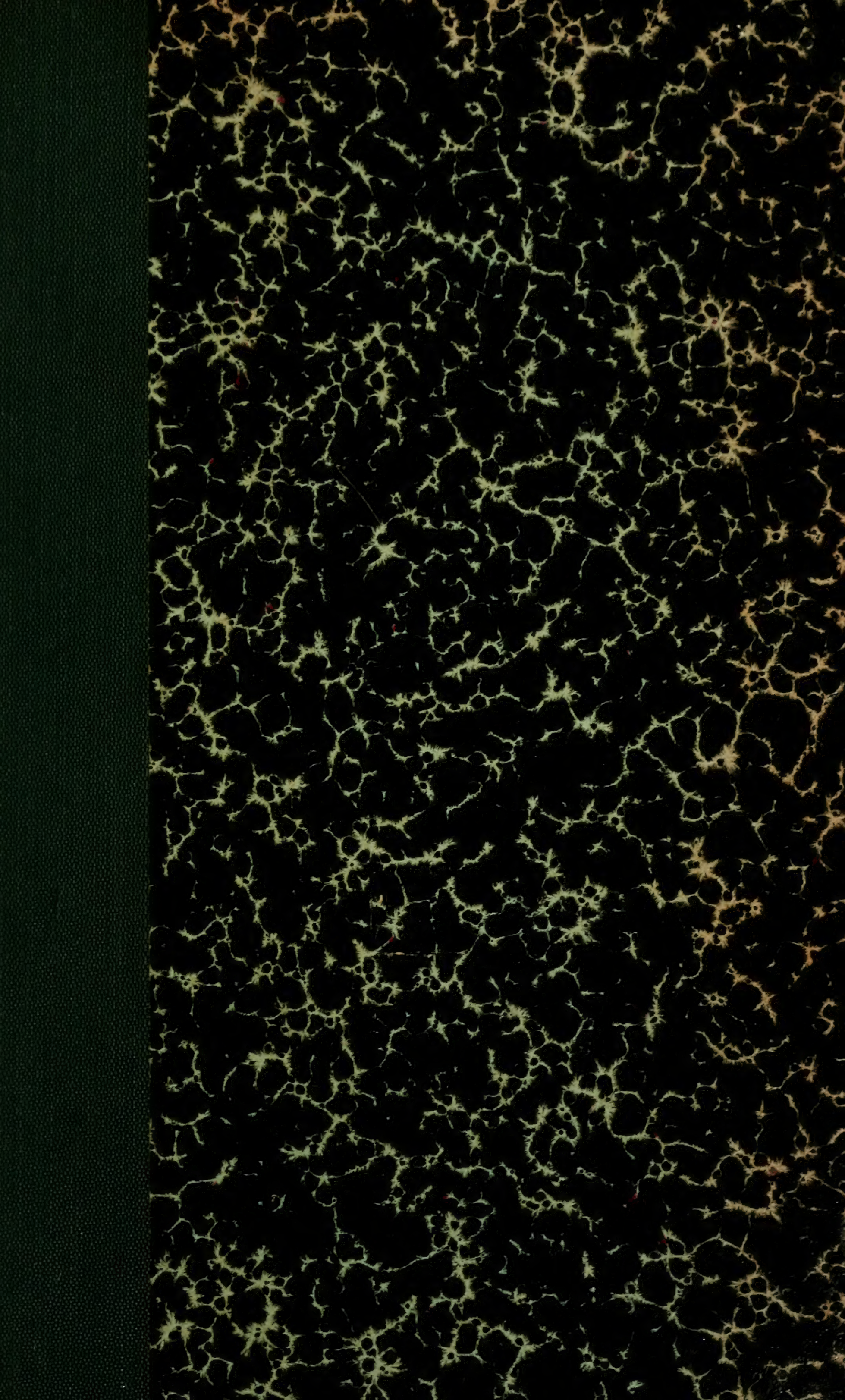


ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Société générale d'imprimerie, Pélisserie, 18, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT DIX-SEPTIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME TRENTE-TROISIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS — H. LE SOUDIER — 174-176, Boul. St-Germain

LONDRES — DULAU & Cie — 37, Soho Square

NEW-YORK — G. E. STECHERT & Cie — 151-155, W25th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, à Bale

1912

RECHERCHES

SUR

LA PHOSPHORESCENCE DES COMPOSÉS ORGANIQUES

A BASSE TEMPÉRATURE

PAR

J. DE KOWALSKI

Dans ce qui va suivre, nous avons essayé de donner, d'une manière plus complète que nous ne l'avions fait jusqu'ici, un compte rendu des recherches que nous avons effectuées avec nos élèves sur la phosphorescence des composés organiques dans le courant de ces dernières années à l'Institut de Physique de l'Université de Fribourg (Suisse)[1].

La propriété de certains corps organiques de devenir phosphorescents à basse température, à —190° par exemple, est connue déjà depuis les expériences de Dewar[2]. Dans la suite, C. C. Trowbridge[3], A. et L. Lumière[4], F.-J. Micheli[5] et d'autres s'occupèrent de ce phénomène et les résultats de leurs recherches sont consignés dans un travail important de Nichols

[1] J. de Kowalski, *C. R.* 1907, 145, 1270; 1909, 148, 280; 1910, 151, 810; *Krakauer Anz.* 1908 et 1910. J. de Kowalski et J. Dzierzbicki, *Krakauer Anz.* 1909; *Arch. des Sc. phys. et nat.* 1909, 27, 227; *C. R.* 1910, 151, 943; 1911, 152, 83.

Ces travaux furent exécutés en partie avec l'appui de la fondation « Elisabeth Thompson » à Boston, et nous nous permettons de témoigner notre sincère gratitude au collateur de cette fondation.

[2] Dewar, *Proc. Roy. Soc.* 1895, 5. 340 et 14, 665.

[3] C. C. Trowbridge, *Science* 1899, 10, 245.

[4] A. et L. Lumière, *C. R.* 1899, 128, 549.

[5] F.-J. Micheli. *Arch. des Sc. phys. et nat.* 1901, 12, 3.

et Merrit[1]. Ces deux savants américains, déjà célèbres dans le domaine de la luminescence, contribuèrent aussi de façon notable à la connaissance des phénomènes de phosphorescence. Tous les travaux publiés sur cette question, jusqu'en 1905, sont très bien indiqués dans un compte rendu de E. L. Nichols[2]; il serait par conséquent inutile d'y revenir.

Peu après les recherches de Nichols et Merrit, parut un travail très étendu de P. Borissow[3] dont voici les résultats : 1. La propriété que possèdent les substances organiques de devenir lumineuses à la température d'ébullition de l'air liquide est un phénomène extraordinairement répandu; bien peu de substances organiques ne présentent pas de luminescence. 2. Les substances organiques colorées ne sont pas du tout luminescentes ou du moins ne le sont que très faiblement, et dans cette catégorie entrent toutes les combinaisons nitrées et les colorants organiques; par contre, les solutions de quelques substances colorées, comme la fluorescéine et la rosaniline, émettent parfois une lumière très intense, alors que les substances elles-mêmes ne sont point ou très peu luminescentes. 3. La luminescence se produit à des températures bien plus élevées qu'on ne le suppose ordinairement. Pour certains corps, on la constate déjà à —20°, et pour quelques-uns même à +100°; pour la plupart des substances organiques, elle commence dans un intervalle de 50° à 150° en dessous du point de fusion. 4. De toutes les substances solides étudiées, ce sont les acides organiques, l'albumine et quelques alcaloïdes qui offrent la luminescence la plus vive 5. La teinte la plus commune de la phosphorescence est le vert. 6. La durée de la phosphorescence à la température d'ébullition de l'air liquide est indépendante de la durée de l'exposition préalable, dès que cette dernière dépasse une seconde. 7. Dans 15 cas sur 26, la relation entre la durée de la phosphorescence et la température (pour des variations notables) pouvait être représentée par une fonction linéaire de la température. 8. En élevant la température, la couleur de la phosphorescence

[1] Nichols et Merrit, *Phys. Rev.* 1904, 18, 355.
[2] E. L. Nichols, *Jahrb. d. Rad. u. Elektr.* 1905, 2, 149.
[3] Borissow, *Journ. d. russ. phys.-chem. Ges.* 1905, 37, 249.

se rapproche du blanc et prend une teinte bleuâtre. 9. L'intensité et la durée de la phosphorescence diminuent avec l'élévation de la température. 10. Les solutions dans l'eau ou l'alcool présentent à la température d'ébullition de l'air liquide une phosphorescence plus intense que les substances dissoutes elles-mêmes. 11. En faisant varier la concentration des solutions, l'intensité de la phosphorescence ne varie que très peu. 12. La durée de la phosphorescence des solutions dans le chloroforme ou le benzène est la même que celle du chloroforme ou du benzène pur, tandis que pour les solutions dans l'alcool, l'eau ou l'éther, cette durée varie entre des limites assez larges.

Les investigations de Borissow sont très étendues et nous fournissent plusieurs observations nouvelles; mais malheureusement nous n'avons pas trouvé la confirmation de tous les résultats de ses recherches. La cause en est probablement aux conditions dans lesquelles se sont effectuées ses expériences. En effet, pour provoquer la phosphorescence, Borissow employait une source lumineuse relativement pauvre en rayons de courte longueur d'onde, c'était un arc électrique ordinaire à électrodes de charbon. De plus, il n'a pas veillé avec une attention toute spéciale à la pureté la plus parfaite possible des substances organiques qu'il employait; la plupart de ces substances provenaient de la collection de l'Institut de Chimie de l'Ecole supérieure d'Agriculture de Moscou. Or, il ressort des recherches de Goldstein[1], que nous avons pu vérifier complètement, qu'il n'y a pas de propriété d'un corps qui dépende plus de son état de pureté que la luminescence d'une substance organique. Les résultat obtenus par Borissow n'en furent pas moins très précieux pour orienter les recherches dans le domaine des phénomènes qui nous occupent; aussi n'avons-nous pas manqué de les mentionner ici.

Depuis lors, deux importantes découvertes vinrent donner une nouvelle impulsion aux recherches sur la phosphorescence des composés organiques. Ce fut d'abord la découverte, par Goldstein, de la cathodoluminescence des corps organiques à basse température; ce savant a montré, en effet, que dans cer-

[1] Goldstein, *Ber. d. phys. Ges.* 1904, 6, 156 et 184.

taines conditions, ces substances offrent des spectres très caractéristiques de cathodoluminescence. Puis vint la découverte, par Stark[1], de la fluorescence du benzène et de ses dérivés. Cette fluorescence, qui apparaît déjà à la température ordinaire, permet en effet d'approfondir encore plus les relations qui semblent exister entre la structure chimique et la luminescence. Une étude suivie de la photoluminescence de ces corps, à basse température, promettait ainsi d'intéressants résultats, et nous osons espérer que les faits que nous pouvons apporter ici indiqueront encore mieux tous les différents points de vue qui se dessinent déjà dans l'étude de ces phénomènes.

I. *Conditions générales des recherches et choix des substances.*

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, l'influence des impuretés sur le caractère de la luminescence est considérable. Les recherches de Ph. Lenard et V. Klatt, de Visser et d'autres tendent à démontrer que dans les phénomènes de phosphorescence il s'agit de phosphorescence des solutions solides. Les substances pour ainsi dire parfaitement pures ne sont que très faiblement phosphorescentes et encore peut-on souvent démontrer que la phosphorescence est due à des impuretés minimes que d'autres méthodes ne peuvent plus déceler (v. Waentig[2]). Dans la cathodoluminescence des corps organiques, l'influence des impuretés, d'après Goldstein, est aussi très grande. Des expériences préliminaires ont démontré que les phénomènes de phosphorescence, observés sur les composés organiques à basse température, doivent être attribués, dans la plupart des cas, à des impuretés. A cet égard, l'expérience suivante est très concluante. M. le prof. D[r] J. Gyr avait mis à notre disposition une certaine quantité d'alcool méthylique qu'il avait, dans un autre but, purifié par des méthodes spéciales[3]. Bien que cet alcool eut été

[1] Stark, *Phys. Zeitsch.* 1907, 8, 81.

[2] Waentig, *Zeitsch. für phys. Chem.* 1905, 51, 435.

[3] J. Gyr, *Ueber Veresterung, Esterverseifung und Salzbildung bei arylierten Essigsäuren, Habilitationsschrift,* Freiburg (Schweiz), 1908.

A cette occasion, je me fais un plaisir d'exprimer à mes collègues,

exposé à la lumière d'une lampe à mercure très intense, il fut impossible de constater, à la température de —190°, la moindre trace de phosphorescence ; mais il suffit de laisser cet alcool méthylique exposé pendant une heure à l'atmosphère de la chambre pour observer ensuite, dans les mêmes conditions, une phosphorescence très faible, il est vrai, mais pourtant tout à fait sensible pour un œil reposé.

Aussi les substances employées dans ces recherches furent-elles choisies parmi les plus pures possibles et chaque fois leur état de pureté était contrôlé par une détermination minutieuse des points de fusion et d'ébullition. Mais il est très probable que la plupart des substances organiques, bien que possédant un point de fusion ou d'ébullition exact, ne soient cependant pas absolument pures. Elles contiennent presque toujours des traces minimes d'autres corps que les méthodes ordinaires ne parviennent pas à déceler. Aussi, pour éviter des erreurs, nous sommes-nous tout d'abord bornés à l'étude des dissolutions alcooliques relativement étendues. Nous avons, en effet, constaté, d'une façon générale, que les dissolutions alcooliques d'une substance organique qui sont phosphorescentes à la température de —190°, présentent, pour une concentration déterminée, un certain maximum d'intensité. Cette condition optimum de phosphorescence est réalisée, pour la plupart des substances, à une concentration d'environ 0,05 n. A partir de cet optimum, l'intensité de la phosphorescence diminue très rapidement quand on dilue la solution. Or, si l'on étudie une solution dont la concentration est 0,05 n., on peut admettre que les impuretés éventuelles, qui ne se trouvent qu'en quantité très minime dans les substances bien purifiées, sont tellement diluées que leur phosphorescence propre ne peut presque pas influencer le phénomène principal.

Il est encore un autre facteur dont il faut tenir compte. On sait, en effet, que la lumière exerce sur les composés organiques des actions chimiques nombreuses et variées ; or, comme dans nos expériences les substances étaient exposées à un rayonne-

MM. A. Bistrzycki, T. v. Estreicher et J. Gyr, mes remerciements les plus chaleureux pour leur empressement à me céder plusieurs précieuses préparations et pour avoir, par là, grandement facilité ces recherches.

ment ultraviolet très intense, il fallut, chaque fois, par une expérience préliminaire, constater les transformations que la lumière peut éventuellement causer à la substance étudiée. Pour certains composés, ces transformations furent observées directement : par exemple les solutions alcooliques solides de diphénylamine, d'oxyphénols, d'amidophénols, etc., incolores à l'état naturel, se colorèrent à la température d'ébullition de l'air liquide sous l'action des rayons ultraviolets émis par une lampe à mercure. Cette coloration est permanente pour quelques-unes de ces substances ; pour d'autres on se trouve en présence d'un cas particulier de phototropie déjà observé par Stobbe. Si l'on chauffe jusqu'à la fusion les solutions de ces dernières, la coloration disparaît. Ce phénomène, intéressant en lui-même, n'a pas encore été étudié de plus près jusqu'à maintenant, bien qu'il nous permette de présumer d'étroites relations entre les phénomènes de phosphorescence et de phototropie. Toutes les substances qui se colorent sous l'action de la lumière ont été pour le moment exclues de nos expériences.

II. *Caractère général de l'émission observée. Phosphorescence momentanée et progressive.*

En 1907 déjà, nous étions parvenus à démontrer que la plupart des spectres de phosphorescence des solutions alcooliques do substances organiques à basse température sont discontinus ; sous ce rapport, le phénomène présente une certaine analogie avec les spectres discontinus de cathodoluminescence découverts en 1904 par Goldstein dans les corps organiques solides à basse température. Une étude plus approfondie a montré que cette analogie subsiste encore à un autre point de vue : la structure du spectre de phosphorescence dépend de la durée d'exposition.

Voici l'expérience qui fut faite à ce sujet (fig. 1) : Dans une caisse absolument étanche se trouve une source de lumière S qui consiste soit en une lampe à arc à vapeur de mercure, en quarz, du système de Heraeus, soit en une décharge oscillante entre des électrodes de zinc et d'aluminium. Cette source est projetée au moyen du système de lentilles L sur la substance à

étudier A. Le système de lentilles est composé de deux lentilles de quarz de 8,2 cm de diamètre et de 16,9 cm. de distance focale. Entre les deux lentilles on peut fixer un vase de quarz à double paroi qui sert éventuellement à maintenir un filtre sur

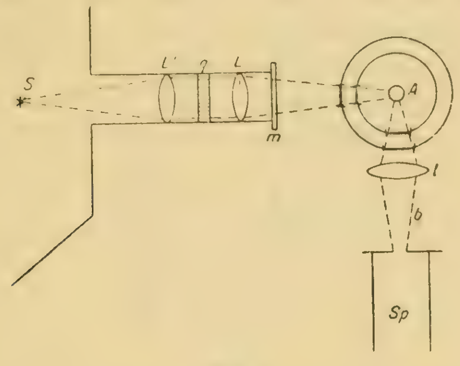


Fig. 1.

le parcours des rayons. La substance à étudier se trouve dans un récipient de Dewar en quarz, construit spécialement dans ce but par Heraeus. Dans certains cas, on se servit de vases de Dewar de forme spéciale et qui, si nous ne nous trompons pas, ont été indiqués pour la première fois par J. Becquerel. Le schéma de ces vases est donné par la fig. 2. Entre la substance et la source est intercalé un obturateur qui permet de choisir à volonté la durée d'exposition à partir d'un centième de seconde. L'image de la substance est projetée au moyen d'une lentille à court foyer sur la fente *b* d'un spectrophotomètre à grande ouverture; la seconde fente (qui n'est pas dessinée sur la figure) est éclairée par une source indépendante consistant en une petite lampe à filament métallique complètement enfermée dans une cage. Entre la petite lampe et la fente se trouvent deux prismes de Nicol qui permettent d'affaiblir dans des proportions connues la lumière de comparaison. Cette installation servit à étudier toute une série de substances aromatiques en solution alcoolique étendue, et voici le résultat de nos observations.

1. Lorsque la solution contenue dans le récipient de Dewar est suffisamment refroidie par le bain d'air liquide, il suffit

d'une durée d'exposition très courte pour provoquer la phosphorescence de la solution solide. Quant cette durée ne dépasse pas une fraction de seconde ($^1/_{10}$ ou $^1/_4$ de seconde, suivant la substance) le spectre apparaît continu. Cependant, avec cer-

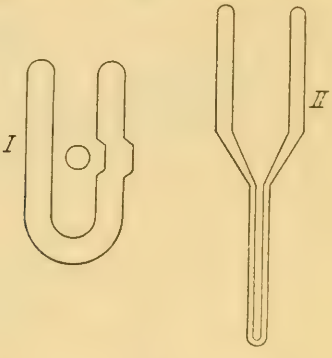


Fig. 2.

taines substances on remarque des différences d'intensité dans les diverses parties du spectre ; c'est le cas pour les solutions des phénols et oxyphénols aromatiques, mais l'émission est répartie sur une grande étendue du spectre visible, de l'extrémité violette jusque assez loin dans l'extrémité rouge. C'est ainsi que l'on peut, à vue reposée, observer encore une émission vers 600 $\mu\mu$ dans une solution benzénique d'une substance qui, par rapport à d'autres, ne possède qu'un spectre de phosphorescence relativement peu étendu vers l'extrémité rouge. Avec d'autres corps, comme les composés nitrés, par exemple, qui présentent une certaine absorption dans le violet du spectre visible, l'émission phosphorescente commence exactement là où l'absorption finit. La cause en est probablement dans cette autoabsorption, déjà observée par Stark dans ses expériences de fluorescence. Pour des solutions toujours plus diluées, l'émission phosphorescente recule toujours plus vers l'extrémité violette [1]. La détermination des limites de ce spectre, pour diverses substances, est assez difficile puisqu'elle dépend de la sensibi-

[1] C'est à cette autoabsorption que se ramènent aussi en grande partie quelques phénomènes observés dernièrement par Bruninghaus (*Le Radium,* 1911, 8, 147).

lité de l'œil au moment de l'observation ; comme nous espérons pouvoir, à l'avenir, déterminer ces limites par des méthodes photographiques, nous avons renvoyé à plus tard cette partie de notre étude.

Cette émission qui apparaît, pour ainsi dire, momentanément, correspond aux bandes momentanées découvertes par Lenard dans ses recherches sur la phosphorescence des sulfures alcalino-terreux. De même nous constatons ici que cette sorte de phosphorescence n'a qu'une durée très courte, aussi voulons-nous la désigner à l'avenir sous le nom de phosphorescence momentanée.

Seule la vue de cette sorte de phosphorescence nous indique déjà que la durée de l'émission doit être différente dans les diverses régions du spectre, car la teinte de la phosphorescence varie avec le temps. Il résulte de nos observations que, pour toutes les substances étudiées, l'émission de grande longueur d'onde disparaît plus tôt que l'émission de courte longueur d'onde. Ce fait surprenant peut être facilement démontré à tout un auditoire : Une solution étendue d'aniline est celle qui convient le mieux. Si après avoir provoqué la phosphorescence momentanée sur une assez grande surface de la solution solide refroidie, on recouvre immédiatement cette surface en partie par un filtre jaune et en partie par un filtre bleu, on constate aisément que cette dernière partie reste bien plus longtemps visible que la première. Une expérience quantitative fut effectuée pour l'aniline. Une solution à 0,05 n. dans l'alcool, refroidie à la température d'ébullition de l'air liquide, fut soumise pendant $1/4$ de seconde à l'action d'une loupe d'Heræus. L'éclat de la phosphorescence disparut au bout de 2 secondes à travers le filtre jaune, tandis qu'il durait 9 secondes à travers le filtre bleu. Ces nombres ne correspondent pas à une exactitude absolue, puisqu'ils dépendent de la sensibilité de l'œil de l'observateur ; nous les indiquons cependant pour donner une idée de l'ordre de grandeur du phénomène en question.

2. Dès que l'action des rayons ultra-violets dure plus d'une seconde, on constate que, sur le fond presque continu de phosphorescence momentanée, apparaissent d'étroites bandes

d'émission. L'intensité de ces nouvelles bandes de phosphorescence croît avec la durée de l'exposition préalable pour tendre asymptotiquement vers une valeur maximum d'intensité. C'est pourquoi nous désignerons dorénavant cette sorte de phosphorescence sous le nom de *phosphorescence progressive.*

L'émission dans la phosphorescence progressive a une durée plus grande que dans la phosphorescence momentanée. Et, à ce point de vue, une grande analogie semble exister entre le phénomène indiqué ici et les bandes persistantes observées par Lenard et Klatt[1] dans les corps phosphorescents alcalino-terreux. De même les bandes qui exigent la plus longue exposition avant d'apparaître sont aussi celles qui subsistent le plus longtemps. Et toutes les observations complémentaires confirment que l'on doit considérer la phosphorescence progressive comme un phénomène différent de la phosphorescence momentanée : *Suivant la température les bandes de phosphorescence peuvent subsister plus ou moins longtemps, cependant nous constatons toujours, lors de l'exposition, que le spectre de phosphorescence progressive, composé de minces bandes, s'étend, avec le temps, sur le spectre presque continu de phosphorescence momentanée.* Même lorsque le spectre d'émission momentanée a déjà disparu depuis longtemps, on observe encore distinctement les bandes de phosphorescence progressive. Quelques observations de A. Werner sur la décroissance de la phosphorescence des composés alcalino-terreux semblent prouver que, dans certains cas, ces derniers se comportent probablement de façon analogue aux composés organiques.

La différence entre les phosphorescences momentanée et progressive apparaît plus distinctement quand on observe les phénomènes à différentes températures. Au-dessus d'une certaine limite (—140° à —150° suivant les substances), on ne peut observer aucune phosphorescence et cette limite se trouve en général de beaucoup en dessous de la température de fusion des solutions alcooliques. Celles-ci deviennent visqueuses déjà vers —125° et vers —130°, elles se solidifient en formant une

[1] Lenard et Klatt, *Ann. d. Phys.*, 1904, 15, 222 et suiv.

masse vitreuse et dure. En les refroidissant encore plus, on constate souvent que, déjà aux environs de —135°, la masse vitreuse éclate et qu'il se forme des cristaux solides. Mais souvent on peut arriver, avec des précautions, à refroidir ces mêmes solutions jusqu'à —190° sans que la masse vitreuse n'éclate. Ces changements d'états, intéressants en eux-mêmes, n'ont évidemment rien de commun avec la phosphorescence. En effet, celle-ci n'apparaît qu'en dessous d'une température bien déterminée, qui varie peu avec les diverses solutions alcooliques. Quant à la question de savoir si la phosphorescence momentanée apparaît à une température plus élevée que la phosphorescence progressive, les moyens à notre disposition ne nous ont pas permis de le déterminer avec certitude ; cependant une série d'observations tendent à nous faire pencher pour l'affirmative. *Mais dans aucun cas, dans aucune des solutions alcooliques étudiées, même avec la vue la mieux reposée, nous n'avons pu observer de phosphorescence à une température supérieure à —145°.* Si l'on étudie de plus près les propriétés émissives de ces dissolutions alcooliques de substances phosphorescentes, dans l'intervalle de —145° à —190°, on remarque une différence sensible entre les phosphorescences momentanée et progressive. La durée de la première ne varie qu'imperceptiblement avec le refroidissement de la solution, tandis que la durée de la phosphorescence progressive est très variable ; dans l'intervalle indiqué, elle croît généralement avec l'abaissement de la température ; de plus on constate que cet accroissement n'est pas le même pour toutes les substances dissoutes et que, pour une même substance, la durée de l'éclat phosphorescent est différente dans les diverses régions du spectre.

Tous ces phénomènes peuvent être observés commodément avec la disposition suivante :

Un vase de Dewar, en verre Uviol et de la forme donnée par la fig. 2 est rempli jusqu'en A de la dissolution alcoolique à étudier. Ensuite on y verse lentement l'air liquide ; la couche supérieure de la solution se solidifie et, après un certain temps, comme on peut s'en convaincre en y plongeant un thermo-élément. il s'établit un état stationnaire pour lequel la tem-

pérature s'abaisse graduellement de A vers B. Le tube AB du vase de Dewar pouvant être déplacé verticalement devant la fente du photomètre, on peut ainsi examiner successivement des parties de la même solution à des températures différentes. Remarquons en passant qu'avec cette disposition on ne peut employer que des substances dont les régions d'absorption discontinues coïncident avec les régions dont les rayons ne sont pas interceptés par le verre Uviol, et il n'y a que ces substances qui puissent fournir, avec ce genre d'exposition, une phosphorescence progressive distincte. D'autres, comme le benzène, offrent bien une faible émission momentanée, mais au spectroscope on n'aperçoit aucune bande de phosphorescence progressive. Pour étudier l'accroissement d'intensité d'une bande de phosphorescence progressive, on l'isole tout d'abord du reste du spectre au moyen de l'écran mobile du spectrophotomètre ; puis on règle la source de comparaison de façon qu'immédiatement après une assez longue exposition, les intensités lumineuses du champ de phosphorescence et du champ de comparaison soient égales. Ensuite on diminue de moitié l'intensité de la source de comparaison et l'on mesure la durée d'exposition nécessaire pour amener l'intensité de la bande à être égale à cette nouvelle intensité de la source. On constate que dans l'intervalle de température considéré (jusqu'à —190°) l'intensité croît avec l'abaissement de la température et que l'intensité maximum des bandes elles-mêmes augmente aussi. C'est par une méthode semblable que l'on a observé le déclin de la phosphorescence et qu'ont été trouvés les résultats indiqués plus haut.

III. *Les spectres de phosphorescence progressive*

Les recherches sur les spectres de phosphorescence progressive ont été effectuées par des méthodes photographiques. En effet, leur observation directe dans le spectroscope — pour autant qu'elle eût été possible — aurait forcément été restreinte aux parties visibles du spectre, alors que l'on désirait étudier particulièrement les régions de l'ultra-violet. Après l'essai de plusieurs méthodes, voici celle que nous avons

choisie comme étant la plus appropriée aux phénomènes observés.

L'air liquide nécessaire pour le refroidissement des solutions est contenu dans un vase de Dewar, en forme de calice, enfermé dans une caisse en bois remplie de ouate et ainsi bien isolée thermiquement. Le vase est recouvert par un morceau de carton pourvu d'une ouverture d'environ 10 cm. de diamètre dans laquelle on place une capsule de porcelaine contenant la solution à étudier; de cette façon la capsule est complètement entourée d'air liquide. Au bout d'un certain temps, quand la température de la solution est devenue constante et que cette dernière s'est solidifiée, on expose le vase aux rayons de la lampe à mercure (courant continu de 6 amp. à 110 v.). La lampe elle-même est enfermée dans une boîte dont le fond est pourvu d'une ouverture où est ajusté un obturateur photographique qui permet de régler le temps d'exposition sans éteindre la lampe. Comme une seule pose ne suffit pas à imprimer l'image du spectre sur la plaque photographique, on provoque plusieurs fois de suite la phosphorescence exactement dans les mêmes conditions. Les photographies des spectres furent prises sur des plaques Wratten et Wainwright au moyen d'un spectrographe en quartz construit d'après O. Reichenheim[1] par la maison R. Fuess à Steglitz. L'appareil n'a qu'une dispersion assez faible — suivant l'extrémité de la région considérée, un millimètre de plaque correspond à un intervalle de 18 $\mu\mu$ à 10 $\mu\mu$ —, mais par contre il est d'une grande luminosité. Comme la capsule est placée horizontalement, le spectrographe est incliné d'un angle de 60° à 70°. Enfin, devant la fente du spectrographe est disposé un second obturateur qui reste fermé pendant l'éclairement de la substance.

La calibration des spectres fut effectuée par la méthode de projection indiquée par Exner et Haschek[2] et qui fut parfaite pour la calibration des bandes à limites floues. L'exactitude moyenne fut de ± 2 $\mu\mu$ dans l'ultra-violet et de ± 3 $\mu\mu$

[1] O. Reichenheim, *Zeitschr. für Instrumentenkunde*, 1908, 28, 340.

[2] F. Exner et E. Haschek : *Wellenlängen-Tabellen,* Leipzig und Wien. 1902.

TABLEAU I

SUBSTANCE	PHOSPHORESCENCE PROGRESSIVE Longueurs d'onde λ en $\mu\mu$	PHOSPHORESCENCE PROGRESSIVE Nombre d'oscillations $1/\lambda$	Nombre de bandes	Absorption sélective Nombre d'oscillations $1/\lambda$	Nombre des bandes d'absorption connues	REMARQUES GÉNÉRALES
Benzène	435, 429, 419, 413, 402, 397, 385, 380, 371, 365, 357, 352, 346, 339.	230, 233, 239, 242, 249, 252, 260, 263, 270, 274, 280, 284, 289, 295.	14	371, 383, 391, 401, 411, 421, 428.	7	Les bandes de phosphorescence 346 $\mu\mu$ et 339 $\mu\mu$ sont très faibles.
Toluène	412, 406, 389, 380, 365, 358, 346.	242, 246, 257, 263, 275, 280, 289.	7	366—383	3	Les bandes de phosphorescence progressive sont beaucoup moins nettes que les bandes provenant du benzène.
Ethylbenzène	412, 405, 387, 378, 364, 358, 345.	242, 246, 258, 265, 274, 280, 290.	7	367—384	3	
n-Propylbenzene	413, 405, 389, 379, 365, 385, 344.	242, 247, 257, 264, 274, 280, 290.	7	368—425	?	
o-Xylène	413, 407, 400, 390, 383, 378, 367, 361, 356, 348.	242, 246, 250, 257, 261, 265, 272, 277, 281, 287.	10	365—403	?	Bandes de phosphorescence assez diffuses. Dans les groupements ortho et para les bandes sont moins diffuses que dans les groupements meta.
m-Xylène	423, 416, 409, 397, 388, 382, 373, 367, 361, 354.	236, 240, 245, 252, 257, 262, 268, 272, 277, 283.	10	370—412	?	
p-Xylène	427, 419, 412, 401, 395, 389, 377, 370, 365, 355.	234, 238, 242, 249, 253, 257, 265, 270, 274, 282.	10	366, 373, 377, 381, 385, 393, 397, 400, 404, 408.	10	
Mésitylène	(?) 400, 392, 385, 376, 369, 362, 357.	(?) 250, 255, 260, 266, 271, 276, 281.	?	—	—	Bandes de phosphorescence diffuses. Le signe d'interrogation se rapporte à des bandes qui n'étaient pas mesurables.
Pseudocumène	427, (?) 412, 400, (?) 388, 377, (?) 365, 356.	234, (?) 243, 250, (?) 258, 265, (?) 274; 281.	10	—	—	
Phénol	408, 396, 383, (?) 371, 361, 351.	245, 253, 261, 270, 277, 285.	6 (?)	347—420	(?)	6 bandes nettes de phosphorescence et quelques bandes diffuses non mesurables.
Cymol	(?) 397, 385, 373, (??), 364, 353.	(?) 252, 260, 268, (??) 275, 284.	?	—	—	Bandes de phosphorescence assez nettes.
[illegible]	397, 385, 374, 365, 353, (?)	252, 260, 267, 275, 283.	5 (?)	—		

m-Crésol	408, 397, 385, 373, 362, 354. ?	245, 252, 260, 268, 276, 283. ?	6 + (?)	—	—	Bandes de phosphorescence assez nettes.
p-Crésol	411, 398, 385, 373, 363; ?	243, 251, 260, 268, 278. ?	5 + (?)	342—414	(?)	
Xylénol (1 : 4 : 5)	401, 389, 378, 366, 357.	249, 257, 265, 273, 280.	5	—	—	
Ether o-méthylcrésylique	385, 376, 362, 355, (?)	260, 266, 276, 281, (?).	4+ (?)	348—417	(?)	
Ether m-méthylcrésylique	400, 390, 377, 366, 357, (?).	250, 257, 265, 273, 280, (?).	5+ (?)	348—418	(?)	
Ether p-méthylcrésylique	412, 400, 390, 377, 366, (?).	242, 250, 257, 265, 273, (?).	5+ (?)	—	—	
Aniline	424, 411, 396, 383, 372.	236, 263, 272, 278, 288.	5	328—385	?	Bandes de phosphoresc. très larges
Benzylamine	391, 380, 367, 360, 347.	256, 263, 272, 278, 288.	5	—	—	Spectre de phosphorescence analogue à celui du toluène.
Acide benzoïque	416, 405, 391, 379, 366.	240, 247, 256, 264, 273.	5	354—385	?	Bandes assez nettes.
Acide o-toluique	417, 404, 392, 379, 367.	239, 247, 255, 264, 272.	4	—	—	Spectre de phosphorescence présentant le même caractère que celui de l'acide benzoïque.
Acide m-toluique	425, 412, 400, 386, 374.	235, 243, 250, 259, 267.	5	—	—	
Acide p toluique	424, 410, 398, 384, 373.	235, 244, 251, 261, 268.	5	—	—	
Acide o-oxybenzoïque	—	—	—	304—383	?	Bandes larges, diffuses, très difficiles à mesurer.
Acide m-oxybenzoïque	—	—	—	311—372	(!)	
Acide p-oxybenzoïque	433, 421, 405, 392, 379.	231, 238, 247, 255, 264.	?	366—426	?	
Acide phénylacétique	386, 379, 364, 357, 344.	259, 264, 275, 280, 291.	5	—	—	Spectre analogue à celui du toluyl.
Nitrile benzoïque	451, 441, 431, 421, 412, 405, 395, 387, 381, 371.	222, 227, 232, 238, 243, 247, 253, 258, 263, 270.	10	358—408	(?)	Bandes très nettement limitées, un peu diffuses vers le rouge.
Nitrile o toluique	(?), (?), (?), 426, 418, 411, 400, 393, 380, 375.	(?), (?), (?), 235, 239, 243, 250, 255, 259, 267.	10	346—406	?	
Nitrile m-toluique	465, 455, 444, 433, 423, 416, 405, 396, 391, 379.	215, 220, 225, 231, 236, 240, 247, 252, 256, 264.	10	—	—	
Nitrile p-toluique	460, 452, 445, 429, 422, 415, 402, 395, 389, 387.	217, 221, 225, 233, 237, 241, 249, 253, 257, 265.	10	354—382	?	

dans les parties où la dispersion est plus faible. Les résultats sont réunis dans le tableau I où l'on trouvera, pour comparer, quelques données sur les spectres d'absorption et de fluorescence à la température ordinaire. Les nombres indiquant les longueurs d'ondes des bandes de phosphorescence correspondent au maximum de noircissement de la plaque ; en effet cet endroit se prête mieux aux mesures que les bords flous et il coïncide à peu près avec le milieu de la bande.

Outre les substances indiquées dans le tableau I, nous avons aussi étudié le xylénol 1 : 2 : 4, les trois toluidines isomères, l'éthylaniline, la méthylaniline, la diméthylaniline et les trois acides aminobenzoïques isomères. Tous ces corps offrent de larges bandes, très floues, de phosphorescence progressive, qui cachent la phosphorescence momentanée et qu'il est impossible de mesurer.

Par le tableau I, comme par comparaison des spectrophotogrammes, nous constatons que les spectres de phosphorescence des substitués du benzène ont une structure régulière et semblable. Ils semblent tous dériver par transformation du spectre du benzène qui (tableau II) est formé de doublets réguliers.

Tableau II

Nombres d'oscillations et différences entre les nombres pour les bandes d'émission de phosphorescence progressive du benzène

230		3		233
	9		9	
239		3		242
	10		10	
249		3		252
	11		11	
260		3		263
	10		11	
270		4		274
	10		10	
280		4		284
	9		11	
289		6		295

Pour certains dérivés les doublets du benzène correspondent aussi à des doublets ; pour d'autres, le xylolène et les nitriles par exemple, aux doublets du benzène correspondent des triplets. Par comparaison avec le benzène, voici les règles que l'on peut formuler d'une façon générale.

L'introduction d'un ou de plusieurs groupes dans le noyau benzénique produit les effets suivants :

a) Le nombre des doublets ou des triplets diminue.

b) Les bandes elles-mêmes deviennent moins distinctes que celles du benzène.

c) Les bandes extrêmes de l'ultra-violet paraissent déplacées vers le rouge.

d) L'étendue du spectre de phosphorescence est réduite.

IV. *Phosphorescence progressive et constitution chimique*

Les changements que l'on observe dans la structure du spectre de phosphorescence progressive du benzène et de ses dérivés, après l'introduction de divers groupes substituants, paraissent être fort probablement de nature constitutive. Aussi désirons-nous faire ressortir quelques unes des règles que nous avons pu déduire de nos observations.

Comme l'ont déjà trouvé H. Ley et K. von Engelhardt dans leurs recherches sur la fluorescence ultra-violette, on constate aussi dans le cas de la phosphorescence progressive que l'action d'un substituant, dans une chaîne latérale, est presque insignifiante en comparaison de l'introduction du même substituant dans le noyau benzénique lui-même. Par xemple, les amines aromatiques comme l'aniline ou les trois toluidines isomères présentent contrairement au benzène un spectre de phosphorescence caractérisé par des bandes diffuses très larges. Par contre le spectre de la benzylamine, composé dérivé du toluène par substitution du groupe NH_2 à un atome d'hydrogène de la chaîne latérale, est tout à fait semblable au spectre de phosphorescence du toluène. L'action du groupe NH_2, qui a pour effet d'élargir considérablement les bandes, est imperceptible ici. Le spectre des trois crésols isomères est aussi du même type que celui du phénol, par contre l'alcool benzylique possède un spectre analogue à celui du toluène.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer plus haut, dans les dérivés monosubstitués du benzène, tous les substituants étudiés jusqu'ici déplacent vers le rouge l'extrémité ultra-

violette du spectre de phosphorescence du benzène. Par contre l'extrémité rouge est déplacée soit vers le rouge, soit vers l'ultra-violet. Dans ce qui va suivre, nous étudierons spécialement cette extrémité des grandes longueurs d'onde et nous appellerons *hypsophosphiques* les substituants qui reculent la limite du spectre de phosphorescence vers le violet, et *bathophosphiques* ceux qui font transporter la limite du spectre vers le rouge.

Voici les résultats de nos études à ce sujet :

1. Comme groupe nettement bathophosphique nous pouvons nommer le groupe nitrile CN. Nous constatons aussi que, par l'introduction de ce groupe, les doublets du benzène sont remplacés par des triplets et que le nombre des groupes de bandes est inférieur à celui que l'on trouve pour le benzène. Les groupes NH_2 et COOH paraissent aussi être bathophosphiques dans les dérivés monosubstitués.

Mais les bandes de grandes longueurs d'onde dans les spectres de phosphorescence de ces dérivés sont si floues et leur durée est si courte que l'on ne peut pas trancher avec certitude si elles possèdent bien le caractère des bandes de phosphorescence progressive. Les bandes qui possèdent certainement ce caractère correspondent à des ondes plus courtes que les bandes de grandes longueurs d'onde du benzène.

2. Tous les autres dérivés monosubstitués étudiés sont hypsophosphiques.

3. Dans les produits bisubstitués, l'influence de la position réciproque des groupements fonctionnels est notable et l'on constate la règle suivante. *Les bandes de l'extrémité des grandes longueurs d'onde, d'une combinaison ortho, correspondent toujours à des longueurs d'onde plus courtes que les bandes extrêmes de la combinaison para du même substitué.* Le tableau III donne les chiffres trouvés pour différentes substances.

Un examen plus approfondi des spectrogrammes rend l'hypothèse suivante assez vraisemblable : Dans les combinaisons ortho, les bandes extrêmes de grande longueur d'onde n'arrivent pas à un développement complet, tandis qu'elles apparaissent distinctement dans les combinaisons para. Le contraire se vérifie pour les extrémités de courte longueur d'onde.

Tableau III

Substance	Extrémité des grandes longueurs d'ondes du spectre en $\mu\mu$	Différence
o-xylène	242	+ 8
p-xylène	234	
o-crésol	252	+ 9
p-crésol	243	
éther *o*-méthylcrésylique	260	+18
éther *p*-méthylcrésylique	242	
acide *o*-toluique	247	+12
acide *p*-toluique	235	
acide *o*-oxybenzoïque	210	+10
acide *p*-oxybenzoïque	env. 200	
nitrile *o*-toluique	224	+ 7
nitrile *p*-toluique	217	

4. L'introduction d'un second groupement dans les dérivés monosubstitués correspondants produit des effets différents suivant la nature de ce groupement ; ainsi le groupe CN est fortement bathophosphique, et cela indépendamment de sa position relativement au premier groupe. Il en est de même, quoique à un degré moins accentué, du groupe *carboxyle*. Dans les substitués para, le radical *méthyle* est toujours bathophosphique, tandis qu'en position ortho, il peut être, suivant les composés, bathophosphique ou hypsophosphique. Par exemple, la limite du spectre du côté des grandes longueurs d'onde est plus reculée vers le rouge pour l'o-xylène et l'acide o-toluique que celle des spectres des dérivés monosubstitués correspondants le toluène et l'acide benzoïque. Par contre, les bandes extrêmes de l'o-crésol ont une longueur d'onde plus courte que celles du phénol. Le groupement *métoxy*, comme second substituant, est faiblement hypsophosphique, et cet effet est encore moindre dans les composés para que dans les composés ortho. Comme groupe fortement hypsophosphique, nous pouvons citer le groupe *hydroxyle*. Enfin, *plus un groupement est négatif, plus est sensible son action bathophosphique.*

5. La propriété que possèdent divers substituants d'élargir les bandes du spectre de phosphorescence dépend essentiellement de la nature de ces substituants et de leur position res-

pective dans le noyau benzénique. Sans entrer dans de plus amples détails, mentionnons seulement que le groupe NH_2 est celui qui possède cette propriété au plus haut degré, tandis que c'est avec le groupe CN qu'elle apparaît le moins distinctement.

6. Les substituants CN, $(CN)_2$ et $(CH_3)_2$, contrairement aux autres, influent aussi sur la structure du spectre de phosphorescence : dans les dérivés qui les contiennent *les doublets sont remplacés par des triplets.*

V. *Phosphorescence progressive et absorption de la lumière*

Les recherches de Stark, Ley et d'autres ont montré que la fluorescence et l'absorption sélective de la lumière sont des phénomènes d'origine commune ; nous allons maintenant examiner de plus près les rapports qui existent entre l'absorption et la phosphorescence progressive.

Une simple expérience nous prouve déjà que ces rapports sont très étroits. Quant on expose une solution alcoolique de benzène au rayonnement d'une lampe à arc, après avoir préalablement intercalé un filtre ultra-violet de Lehmann, la phosphorescence momentanée apparaît distinctement, mais, quelle que soit la durée de l'exposition, on n'aperçoit pas la moindre trace de phosphorescence progressive. Prenons maintenant, au lieu du benzène, une solution d'anthracène ou de phénanthrène, nous constatons aussitôt que l'on peut, dans les mêmes conditions d'exposition, obtenir un spectre de phosphorescence progressive. Ceci est en rapport avec le fait que, dans le cas d'une solution de benzène, le rayonnement traversant le filtre ultra-violet ne coïncide pas avec la région d'absorption sélective du benzène ; dans le second cas, au contraire, ce rayonnement correspond aux bandes d'absorption sélective de l'anthracène et du phénanthrène. Ces phénomènes seront étudiés au point de vue quantitatif au moyen d'un monochromateur de quartz ; mais on peut prévoir d'ores et déjà que l'absorption de la lumière dans les régions d'absorption sélective est une des conditions pour

que la phosphorescence progressive se produise. D'ailleurs des faits découverts récemment par Goldstein [1] semblent confirmer ces prévisions.

Une comparaison quantitative entre les spectres d'absorption et de phosphorescence pour différentes substances est impossible à effectuer d'une façon générale au point où en sont les connaissances actuelles dans ce domaine. Les spectres d'absorption de la plupart des corps organiques, n'ont été étudiés que très imparfaitement. Nous possédons bien les résultats des recherches de Hartley, Baly et d'autres, mais on ne peut pas en tirer la connaissance exacte du nombre des bandes d'absorption. D'ailleurs ces expérimentateurs ont employé la décharge électrique comme source de lumière ultra-violette, or celle-ci ne fournit pas un spectre continu, il est donc facile que quelques bandes d'absorption soient restées inaperçues, ainsi qu'en témoignent des recherches récentes. L'emploi d'une source de lumière continue dans l'ultra-violet — comme l'ont fait Grebe, Mies et d'autres sur le conseil de Konen — fit faire quelques progrès dans ce domaine, et l'on trouva qu'il existe dans les spectres du benzène et de ses dérivés plus de bandes que n'en avaient révélé jusqu'alors les sources de lumière discontinues. De plus, jusqu'à présent, on n'a étudié les spectres d'absorption des corps organiques qu'à la température ordinaire, tandis que nous observons la phosphorescence progressive à des températures très basses [2]. Aussi, dans ces considérations, nous bornerons-nous aux corps dont les spectres d'absorption ont été complètement étudiés.

Un coup d'œil sur le spectre de phosphorescence du benzène nous indique déjà que les sept groupes de bandes de phosphorescence correspondent à sept bandes d'absorption. Calculons maintenant les nombres d'oscillations qui correspon-

[1] E. Goldstein. *Verhandl. d. deutsch. phys. Ges.*, 1911, p. 378, *Physik. Zeitschr.*, 1911, 12, 614.

[2] Des recherches sur les spectres d'absorption à basse température sont actuellement en cours à l'Institut de Physique de l'Université de Fribourg. Plusieurs intéressants résultats ont déjà été obtenus, et nous espérons pouvoir en donner un compte rendu prochainement.

dent au milieu d'une raie d'absorption et disposons en regard les nombres d'oscillations qui correspondent au milieu des groupes de phosphorescence, on constate alors que les différences sont presque constantes, comme on peut s'en convaincre par le tableau suivant.

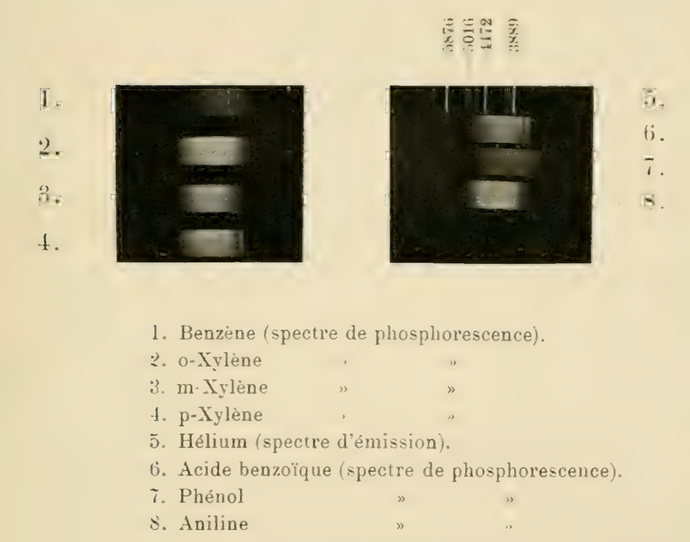
Absorption	428	421	411	401	391	383	371
Phosphorescence ..	291	282	272	261	250	241	231
Différence	137	139	139	140	141	142	140

Mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer, les calibrations des spectrogrammes ne permettent qu'une exactitude de 2-3 $\mu\mu$; aussi pouvons-nous considérer les écarts des différences comme compris dans les limites des erreurs d'expérience. Nous avons aussi indiqué que, dans certains spectrophotogrammes, outre les sept groupes de bandes qui ont leur raie correspondante dans le spectre d'absorption, on trouve encore une bande de 339 $\mu\mu$. Comme celle-ci ne se présente pas toujours, on serait tenté d'admettre tout d'abord qu'elle est due à des impuretés. Nous ne sommes cependant pas de cet avis. Friedrichs[1] a trouvé en effet dans l'extrême ultraviolet du spectre de la vapeur de benzène, une bande dont la longueur d'onde est 226 $\mu\mu$. D'un autre côté, les bandes d'absorption de la vapeur de benzène correspondent aux bandes d'absorption des solutions, sauf que celles-ci ont subi un déplacement d'environ 2 $\mu\mu$ vers l'extrémité rouge du spectre. La moyenne des différences (phosphorescence-absorption) est de 140 unités. Supposons maintenant que la bande trouvée par Friedrichs dans le spectre de vapeur corresponde à une bande très faible et qui n'est par conséquent pas révélée dans le spectre d'absorption ; nous trouvons alors 437 de nos unités comme nombre d'oscillations et 337 $\mu\mu$ au lieu de 339 $\mu\mu$ comme bande de phosphorescence, ce qui est tout à fait dans les limites des erreurs d'expérience.

Pour le toluène et l'éthylbenzène, le caractère des spectres d'absorption présente aussi de grandes analogies avec celui des spectres de phosphorescence. Grebe a trouvé, en effet, que les spectres d'absorption des vapeurs du toluène et de

[1] Friedrichs. *Zeitschr. f. wiss. Phot.* 1905, 3, 154.

SPECTRES
DE PHOSPHORESCENCE DES COMPOSÉS ORGANIQUES
A BASSE TEMPÉRATURE



1. Benzène (spectre de phosphorescence).
2. o-Xylène » »
3. m-Xylène » »
4. p-Xylène » »
5. Hélium (spectre d'émission).
6. Acide benzoïque (spectre de phosphorescence).
7. Phénol » »
8. Aniline » »

J. de Kowalski

l'éthylbenzène ne diffèrent que par un faible déplacement des bandes de ce dernier vers l'ultra-violet. Nous constatons aussi que le même fait est confirmé pour les spectres de phosphorescence.

L'absorption du p-xylène en solution alcoolique est connue très exactement grâce aux recherches de W. Mies. Celui-ci a aussi trouvé dix bandes dans le spectre d'absorption. La différence — calculée comme pour le benzène — entre les bandes d'absorption et de phosphorescence est aussi sensiblement constante et égale en moyenne à 137 de nos unités. Il semble donc qu'il existe entre le spectre d'absorption et le spectre de phosphorescence la relation suivante : *Toute bande d'absorption d'un corps correspond à un groupe de bandes dans le spectre de phosphorescence, et ce groupe ne diffère de la bande que par un nombre d'oscillations sensiblement constant.* Des recherches plus approfondies des deux spectres, dans d'autres composés organiques, montreront jusqu'à quel point cette loi du déplacement est exacte.

Institut de physique de l'Université de Fribourg, décembre 1911.

SUR LA RELATION
ENTRE LA MASSE ÉLECTRIQUE EN MOUVEMENT
et l'intensité du courant de convection

PAR

L. DE LA RIVE

L'hypothèse de l'électron en mouvement constituant le courant électrique a introduit la notion de vitesse dans la théorie des actions électrodynamiques. La loi de Laplace qui est celle de l'action mécanique réciproque d'un élément de courant et d'un pôle magnétique est admise, dans les recherches récentes sur ce sujet, en substituant à l'élément de courant un élément de la trajectoire de l'électron[1]. Dans l'expression de la force magnétique le facteur *ids* de la théorie d'Ampère devient le produit d'une vitesse par une masse électrique mesurée en unités électromagnétiques.

On déduit cette propriété fondamentale de l'électron des équations de Maxwell. J'ai cherché à généraliser la démonstration en admettant la loi de Laplace comme point de départ et en obtenant le principe qui s'énonce comme suit :

L'intégrale, le long d'une courbe fermée, de l'action électrodynamique due à un élément de courant de convection, est équivalente à l'intégrale de la dérivée par rapport au temps du flux de

[1] P. Villard, Des rayons cathodiques. *Scientia,* p. 53.
H. Poincaré, *Comptes rendus*, t. 123, p. 530.
V. Voigt, *Magneto und electrooptik*, *die elementare Lorentzsche Theorie*, p. 62.

force électrique de l'élément au travers de la surface limitée par la courbe[1].

Cette démonstration implique le calcul de la dérivée par rapport à t d'un flux de force électrique, à laquelle on substitue la dérivée par rapport à la trajectoire s multipliée par ds/dt ou v. Il en résulte le facteur vdq, où dq est l'élément de masse électrique, que l'on assimile au facteur ids de la loi de Laplace.

Cette identité peut provoquer des objections provenant de ce qu'on ne voit pas clairement quelle est dans un courant la masse électrique en mouvement. Prenons par exemple la définition, donnée par M. Villard, d'après M. J. J. Thomson, que l'action du pôle sur l'électron dont la charge est e et la vitesse v, est la même que sur l'unité de longeur d'un courant transportant la quantité ev d'électricité dans l'unité de temps ; l'intensité est donc ev et sur l'élément de longueur ds l'action est proportionnelle à $evds$. C'est donc la charge eds qui se transporte avec la vitesse v le long de l'élément de longueur.

Il y a deux manières de définir le courant constant ; la première fondée sur l'action chimique le définit par la quotité du transport, sans prendre en considération directe la vitesse ; l'intensité est proportionnelle à la quantité d'ion libérée dans l'unité de temps et puisque l'ion est lié à une quantité constante de masse électrique, on a l'expression $i = dq/dt$, où dq est la masse qui traverse la section du conducteur durant dt ; la seconde a pour objet d'exprimer l'action électrodynamique d'un élément linéaire ds en la faisant dépendre de la masse électrique et de la vitesse des particules en mouvement, et l'intensité du courant est alors le produit de ces deux éléments ; elle s'exprime donc par le facteur $v.dq$ qui doit être équivalent à ids. Pour démontrer cette équivalence on peut, semble-t-il, raisonner comme suit.

Soit ab l'élément ds dont je suppose la section $d\sigma$ très petite, égale à celle de l'électron. Les électrons de masse électrique e se meuvent longitudinalement avec une vitesse dont la moyenne v est constante et la longueur moyenne de leur libre parcours

[1] Sur le Principe de Maxwell dans l'électrodynamique de l'élément. *Archives*, 1911, t. XXXI, p. 118.

également constante est d ; la durée de ce parcours entre les deux molécules qui la comprennent est donc $\theta = d/v$. Subdivisons l'élément ds en k parties de manière que $ds = kd$ et figurons sur la ligne ab un certain nombre de points de division, m, m', m'', etc.

$$\begin{array}{ccccc} & m & m' & m'' & \\ a \ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots b \end{array}$$

Les trajets mm', $m'm''$, etc. ne sont pas simultanés et n'ont pas lieu non plus d'une manière successive immédiate qui ferait repartir un électron de m' vers m'' à l'instant où un électron arrive de m à m'. mais la durée dt, donnée par ds/v, est assez grande par rapport à θ pour que, durant dt, deux points quelconques m et m' de notre subdivision soient reliés un grand nombre de fois par le parcours d'un électron, ce qui implique seulement que d est très petit par rapport à ds. Comme il s'agit d'évaluer l'effet du mouvement de l'électron sur un point P extérieur, à une distance très grande par rapport aux distances intermoléculaires, et que cet effet est une moyenne des effets instantanés qui se succèdent à intervalles très courts ou sont simultanés pendant dt, on peut substituer à l'état réel, un état fictif moyen consistant en ce que n électrons parcourent ds d'un bout à l'autre avec une vitesse v pendant dt, ce qui équivaut à un électron de charge ne. Le nombre n dépend de ds, car il dépend du rapport dt/θ et augmente avec lui. En effet, si d'une part entre deux molécules données le nombre des parcours peut être plus grand qu'entre deux autres, de l'autre il est évident que le nombre moyen des parcours augmentera proportionnellement au rapport dt/θ. On peut donc admettre la relation :

$$n = g\frac{dt}{d\theta} = g\frac{ds}{d}$$

où g est un cœfficient constant. Puisque la section du filet est $d\sigma$ le nombre des électrons qui y circulent constamment est donné par $\mathrm{N}d\sigma ds$, en désignant par N le nombre des électrons en mouvement dans l'unité de volume à un instant quelconque d'où :

$$\mathrm{N}d\sigma ds = g\frac{ds}{d} \text{ et } g = \mathrm{N}d\sigma d$$

g est donc le nombre d'électrons constamment en mouvement dans le filet linéaire de longueur d.

Nous voyons maintenant que la première définition du courant donne :

$$i = \frac{ne}{dt}$$

puisque la section du filet linéaire est traversée en moyenne par la charge ne pendant dt, et que la seconde définition donne :

$$v = \frac{dt}{ds}$$

d'où résulte l'égalité $ids = v\,ne$.

Pour un conducteur de section unité, il faut multiplier ne par $1/d\sigma$.

MOUVEMENT D'UNE PARTICULE ÉLECTRISÉE
DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

PAR

Richard BIRKELAND

Introduction

1. — Soit une particule matérielle de masse m portant une charge électrique ε en mouvement dans un champ magnétique, créé par des aimants et des courants constants, avec une vitesse v à l'instant t. Désignons par H la force magnétique sur un pôle magnétique $+1$ placé en un point $(x, y, z,)$ et par X, Y, Z, les composantes.

On admet que la force F que ce champ fait naître sur la particule m placée en $(x, y, z,)$ est perpendiculaire au plan des vecteurs H et v et égale au produit $H . v . \varepsilon .$ sin (H, v). Si ε est positif, le vecteur F est dirigé vers la gauche d'un observateur traversé des pieds à la tête par le vecteur v et regardant dans la direction du vecteur H. Donc, si le frottement est nul, les équations du mouvement sont :[1]

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon \left[Y \frac{dz}{dt} - Z \frac{dy}{dt} \right]$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = \varepsilon \left[Z \frac{dx}{dt} - X \frac{dz}{dt} \right]$$

$$m \frac{d^2z}{dt^2} = \varepsilon \left[X \frac{dy}{dt} - Y \frac{dx}{dt} \right]$$

La vitesse v est constante car le théorème des forces vives donne immédiatement

$$d \frac{mv^2}{2} = 0 \quad .$$

[1] Voyez par exemple, Bouasse, *Cours de physique*, t. III, p. 229 et Appel, *Traité de mécanique rationnelle*, t. I, p. 367.

On peut alors éliminer le temps en introduisant l'arc s de la trajectoire par la relation

$$dt = \frac{ds}{v}$$

Donc en posant

$$k = \frac{\varepsilon}{m \, . \, v}$$

il vient

$$(1) \qquad \begin{aligned} \frac{d^2x}{ds^2} &= k\left[\mathrm{Y}\frac{dz}{ds} - \mathrm{Z}\frac{dy}{ds}\right] \\ \frac{d^2y}{ds^2} &= k\left[\mathrm{Z}\frac{dx}{ds} - \mathrm{X}\frac{dz}{ds}\right] \\ \frac{d^2z}{ds^2} &= k\left[\mathrm{X}\frac{dy}{ds} - \mathrm{Y}\frac{dx}{ds}\right] \end{aligned}$$

Ces équations ont été intégrées complètement dans quelques cas simples [1]. Dans le cas où le champ magnétique provient d'un seul pôle magnétique placé à l'origine, la trajectoire de la particule est une ligne géodésique sur un cône de révolution ayant son sommet à l'origine [2]. Ce résultat signalé par M. Poincaré explique complètement le phénomène de la succion des rayons cathodiques vers un pôle magnétique, découverte par M. Kr. Birkeland en 1895 [3].

Le cas d'un aimant élémentaire est traité par M. Störmer [4]. En plaçant l'aimant élémentaire à l'origine, son axe coïncidant avec l'axe des z, et en introduisant des coordonnées semipolaires R et φ, définies par les équations

$$x = \mathrm{R}\cos\varphi, \qquad y = \mathrm{R}\sin\varphi$$

il démontre que le système (1) peut être réduit au système

$$\frac{d^2\mathrm{R}}{ds^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial \mathrm{R}}, \qquad \frac{d^2z}{ds^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial z}, \qquad \left(\frac{d\mathrm{R}}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 = \mathrm{Q},$$

$$\mathrm{R}^2\frac{d\varphi}{ds} = 2\gamma + \frac{\mathrm{R}^2}{r^3}$$

[1] Bouasse, *Loc. cit.* — Appel, *Loc. cit.*

[2] Poincaré, *C. R.* 1896, p. 530. — Darboux, *Mécanique de Despeyrous*, 1er volume, note VII.

[3] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève, t. I, 4e période, juin 1896.

[4] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève, t. XXIV, 1907; *Archiv for Mathematik ag Naturvidenskab*, Christiania B. XXXI, Nr. 11, 1911.

où la fonction Q est définie par

$$Q = 1 - \left[\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right]^2$$

γ étant une constante d'intégration. En étudiant ce système M. Störmer a obtenu d'importants résultats en cherchant à expliquer les expériences de M. Kr. Birkeland[1] et de M. Villard[2]. Les trajectoires sont calculées par intégration numérique. M. Störmer a aussi appliqué ses recherches à retrouver théoriquement une série de propriétés caractéristiques des phénomènes d'aurores boréales.

Dans le présent travail j'ai considére le cas plus général où les masses magnétiques μ sont situées sur une ligne droite, que nous choisissons comme axe des z. Soit (o,o,c) les coordonnées de la masse μ et

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - c)^2}$$

sa distance au point $(x, y, z,)$ de l'espace. Nous allons démontrer :

La trajectoire est, en général, une ligne géodésique d'une surface

$$\varphi\,(x, y, z) = 0$$

engendrée par des lignes de force du champ magnétique. L'équation de cette surface (surface-trajectoire) est de la forme

$$\text{(E)} \qquad - k\Sigma\mu \frac{z-c}{r} + C = \varDelta\left(\frac{y}{x}\right)$$

la somme Σ étant étendue à toutes les masses magnétiques. La fonction $\Delta\left(\frac{y}{x}\right)$ est une fonction de $\frac{y}{x}$ seul et C une constante d'intégration. Supposons qu'il y a sur l'axe des z une masse magnétique isolée μ_0 concentrée en un point M de coordonnées (o,o,λ). On a alors :

Un cône de révolution de sommet M *est au point* M *tangent à la surface-trajectoire* (E). *C'est-à-dire, chaque génératrice du*

[1] Expédition norvégienne 1899-1900 pour l'étude des aurores boréales. *Videnskabs Selskabet Skrifter*, Christiania, 1899; *The Norwegian Aurora Polaris Expedition*, 1902-1903. Volume I.

[2] *C. R.* 11 juin et 9 juillet 1906.

cône de révolution est au point M tangente à une des lignes de force engendrant la surface. La fonction $\Delta\left(\frac{y}{x}\right)$ *sera*

$$\Delta\left(\frac{y}{z}\right) = + k\mu_0(\gamma^2 - 1)\frac{\sqrt{(\alpha x + \beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{\alpha x + \beta y + \gamma\sqrt{(\alpha x + \beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

α, β, γ *étant des constantes arbitraires.* La constante γ est liée à la constante C par la relation simple[1]

$$\gamma = -\frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu + \frac{1}{k\mu_0}C$$

la somme Σ' étant étendue à toutes les masses magnétiques sur l'axe des z, sauf la masse isolée μ_0. En se servant de l'équation (E) et l'intégrale

$$x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds} = -k\Sigma\mu\frac{z-c}{r} + C$$

qui est facile à trouver, *on peut réduire les trois équations* (1) *du second ordre à trois équations ordinaires du premier ordre*

$$\frac{dR}{ds} = \frac{1}{H^2}\left(ZP + U\sqrt{H^2F - P^2}\right); \quad \frac{dz}{ds} = \frac{1}{H^2}\left(-UP + Z\sqrt{H^2F - P^2}\right)$$

$$R^2\frac{d\varphi}{ds} = \psi$$

où on a

$$R^2 = x^2 + y^2,\ U^2 = X^2 + Y^2,\ H^2 = U^2 + Z^2,\ \psi = -k\Sigma\mu\frac{z-c}{r} + C$$

$$F = 1 - \left(\frac{\psi}{R}\right)^2, \quad P = -\frac{\psi}{kx^2R}\Delta'\left(\frac{y}{x}\right), \quad x = R\cos\varphi, \quad y = R\sin\varphi$$

Par chaque point de la surface-trajectoire il passe, en général, deux trajectoires définies par ces équations. Ces deux trajectoires ont des propriétés caractéristiques. Ainsi, elles ont le même rayon de courbure et le même centre de courbure ; l'angle entre la trajectoire et le plan passant par l'axe des z et la particule en (x, y, z) est le même pour les deux trajectoires etc. etc. La trajectoire est facile à trouver dans ses grands traits, lorsqu'on connait la surface-trajectoire et l'intégration numérique n'est pas nécessaire.

[1] Voir la note 1, p. 48.



Fig. 1

Comme on le comprend, il est de grand intérêt de connaître les surfaces trajectoires $\varphi = 0$, non seulement parce qu'on peut ramener les trois équations (1), qui sont de second ordre à trois équations qui sont de premier ordre ; mais on voit souvent apparaître les surfaces-trajectoires dans les expériences. Ainsi, dans le cas où le champ magnétique est créé par un seul pôle, les surfaces sont des cônes de révolution de sommet au pôle. Ces cônes de révolution se voient très distinctement dans les expériences de M. Kr. Birkeland [1].

Plus tard M. Kr. Birkeland a fait une série d'expériences extrêmement intéressantes pour trouver la succion des rayons cathodiques vers un électro-aimant sphérique qui devait représenter la terre. La figure 1 représente ce globe magnétique et on voit les surfaces-trajectoires à gauche [2].

J'ai retrouvé ces surfaces en étudiant le cas de deux pôles magnétiques $-\mu$ et μ avec une distance 2λ. Les surfaces-trajectoires sont dans ce cas étudiées dans le § 11, figures 5, 6, 7, 8 et 9, et les trajectoires dans les §§ 12-17, figures 15 *a, b, c* et 16.

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.* Genève, t. I, 4e période, juin 1896.

[2] *The Norvegian Polaris Expedition* 1902-1903. Volume I, p. 299.

16. La figure 16 montre les trajectoires formant l'anneau équatorial de la figure 2.

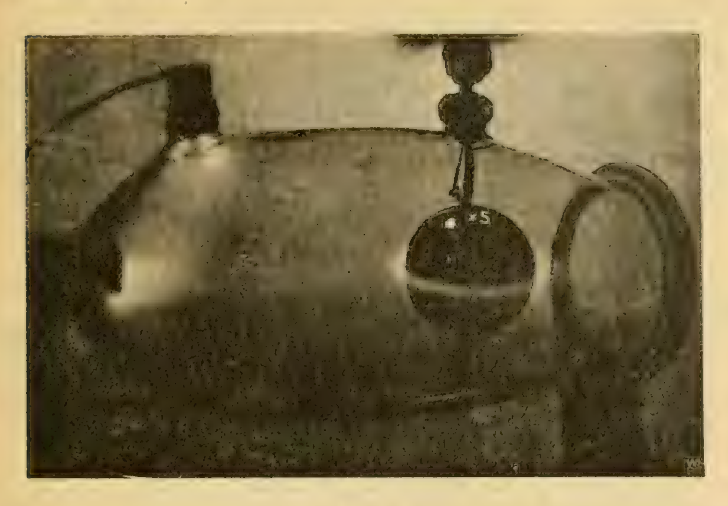


Fig. 2

L'équation de la surface-trajectoire
et l'intégration des équations différentielles de la trajectoire

2. — Considérons le cas où le champ magnétique est créé par des masses magnétiques sur l'axe des z. Désignons par (o,o,c) les coordonnées de la masse magnétique μ et par

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + (z-c)^2}$$

sa distance au point (x,y,z) de l'espace. On a alors

$$X = x\Sigma\frac{\mu}{r^3}, \quad Y = y\Sigma\frac{\mu}{r^3}, \quad Z = \Sigma\mu\frac{z-c}{r^3}$$

la somme Σ étant étendue à toutes les masses μ.

En multipliant la première des équations (1) par $-y$, la seconde par x et en ajoutant nous obtenons

$$x\frac{d^2y}{ds^2} - y\frac{d^2x}{ds^2} = k\left[-(Xx+Yy+Zz)\frac{dz}{ds} + Z\left(x\frac{dx}{ds} + y\frac{dy}{ds} + z\frac{dz}{ds}\right)\right]$$

$$= k\left[-\frac{dz}{ds}\Sigma\mu\frac{x^2+y^2+(z-c)^2}{r^3} + \Sigma\mu\frac{z-c}{r^3}\left(x\frac{dx}{ds} + y\frac{dy}{ds} + (z-c)\frac{dz}{ds}\right)\right]$$

$$= k\left[-\frac{dz}{ds}\Sigma\frac{\mu}{r} + \Sigma\mu\frac{z-c}{r^2}\frac{dr}{ds}\right]$$

$$= -k\frac{d}{ds}\Sigma\mu\frac{z-c}{r}$$

On a donc en intégrant

$$(2) \qquad x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds} = -k\sum\mu\frac{z-c}{r} + C$$

C étant une constante d'intégration.

Nous allons voir que la *trajectoire de la particule électrisée sera, en général, une ligne géodésique d'une surface engendrée par des lignes de force du champ magnétique. L'équation de cette surface sera*

$$(3) \qquad -k\sum\mu\frac{z-c}{r} + C = \Delta\left(\frac{y}{x}\right)$$

Δ *étant une fonction de* $\frac{y}{x}$ *seul* que nous allons trouver plus tard. C'est cette surface que j'ai appelée « surface-trajectoire » dans l'introduction et désignée par $\varphi\,(x.y,z) = o$. Pour abréger nous désignons par ψ l'expression au côté droit de l'équation (2). L'équation de la surface-trajectoire sera

$$\varphi \equiv \psi - \Delta = o$$

3. — Pour que la surface $\varphi = o$ soit engendrée par des lignes de force il faut que

$$F(\varphi) \equiv X\frac{\partial\varphi}{\partial x} + Y\frac{\partial\varphi}{\partial y} + Z\frac{\partial\varphi}{\partial z} = 0$$

car les équations différentielles des lignes de force sont

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z}$$

Nous avons en posant dans la fonction $\Delta\left(\frac{y}{x}\right)$ le rapport $\frac{y}{x} = u$.

$$(4) \qquad \begin{aligned} \frac{\partial\varphi}{\partial x} &= \frac{\partial\psi}{\partial x} - \frac{\partial\Delta}{\partial x} = k\;x.Z + \Delta'(u)\frac{y}{x^2} \\ \frac{\partial\varphi}{\partial y} &= \frac{\partial\psi}{\partial y} - \frac{\partial\Delta}{\partial y} = k\;y.Z - \Delta'(u)\frac{1}{x} \\ \frac{\partial\varphi}{\partial z} &= \frac{\partial\psi}{\partial z} - \frac{\partial\Delta}{\partial z} = -\,k.R^2\sum\frac{\mu}{r^3} \end{aligned}$$

d'où on trouve avec facilité $F\,(\varphi) = o$.

Maintenant il faut démontrer que les équations (1) se réduisent à

$$(5) \qquad \frac{d^2x}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad \frac{d^2y}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad \frac{d^2z}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

où $\varphi\,(x,y,z) = o$ et

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

sont donnés par les formules (4).

La troisième de ces équations est facile à vérifier immédiatement. En effet, la troisième de ces équations (1) nous donne

$$\frac{d^2z}{ds^2} = k\left(x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds}\right)\Sigma\frac{\mu}{r^3} = k\,\psi\,\Sigma\frac{\mu}{r^3} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

Supposons que les deux premières des équations (5) ne soient pas exactes. Ecrivons alors les équations (1) sous la forme

$$(L_1)\quad \frac{d^2x}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + V,\quad \frac{d^2y}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial y} + U,\quad \frac{d^2z}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

ce qui est toujours possible en choisissant les expressions V et U convenablement. Nous allons démontrer que

$$U = o \qquad V = o$$

En effet, en multipliant la première des équations (L_1) par x, la seconde par y et en ajoutant, nous obtenons

$$x\frac{d^2x}{ds^2} + y\frac{d^2y}{ds^2} = -k\psi Z + Vx + Uy$$

Les équations (1) donnent

$$x\frac{d^2x}{ds^2} + y\frac{d^2y}{ds^2} = k\,Z\left(-x\frac{dy}{ds} + y\frac{dx}{ds}\right) = -k\psi Z$$

C'est-à-dire, comme les deux expressions doivent être égales

$$(L_2)\qquad Vx + Uy = 0$$

D'autre part, en faisant la combinaison

$$x\frac{d^2y}{ds^2} - y\frac{d^2x}{ds^2}$$

nous obtenons

$$x\frac{d^2y}{ds^2} - y\frac{d^2x}{ds^2} = -\frac{\psi}{R^2}\left(x.\frac{\partial\varphi}{\partial y} - y\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right) + U.x - V.y$$

Donc en vertu des équations (2) et (4) nous obtenons

$$\frac{d\psi}{ds} = \frac{\psi}{R^2}.\Delta'(u)\left(\frac{y^2}{x^2} + 1\right) + U.x - Vy$$
$$= \frac{\psi}{x^2}\Delta'(u) + U.x - V.y$$

Différentions l'équation $\psi - \Delta = o$; nous obtenons

$$\frac{d\psi}{ds} = \Delta'(u)\frac{x\dfrac{dy}{ds} - y\dfrac{dx}{ds}}{x^2} = \frac{\psi}{x^2}\Delta'(u)$$

Donc

$$(L_3)\qquad U.x - V.y \equiv 0$$

Des équations (L_2) et (L_3) nous tirons

$$U \equiv 0 \qquad V \equiv 0$$

car on n'a pas en général $x = y = o$.

Les équations générales du mouvement sont donc de la forme (5), et les trajectoires sont des lignes géodésiques de la surface $\varphi = o$ [1]. Le plan osculateur en chacun des points de la trajectoire doit être normal à la surface. C'est facile à vérifier.

En effet, soit

$$A(X - x) + B(Y - y) + C(Z - z) = o$$

l'équation du plan osculateur en un point (x, y, z) de la trajectoire. On a alors

$$A = \frac{dy}{ds}\frac{d^2z}{ds^2} - \frac{dz}{ds}\frac{d^2y}{ds^2}, \qquad B = \frac{dz}{ds}\frac{d^2x}{ds^2} - \frac{dx}{ds}\frac{d^2z}{ds^2},$$

$$C = \frac{dx}{ds}\frac{d^2y}{ds^2} - \frac{dy}{ds}\frac{d^2x}{ds^2}$$

d'où en vertu des équations (1)

$$A = k\left[X\left(\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2\right) - \left(X\frac{dx}{ds} + Y\frac{dy}{ds} + Z\frac{dz}{ds}\right)\frac{dx}{ds}\right]$$

$$= k\left[X - H.\cos\theta.\frac{dx}{ds}\right]$$

θ étant l'angle entre la direction du mouvement et celle de la force magnétique H. On a de même

$$B = k\left[Y - H\cos\theta\frac{dy}{ds}\right]$$

$$C = k\left[Z - H\cos\theta\frac{dz}{ds}\right]$$

L'expression

$$A\frac{\partial\varphi}{\partial x} + B\frac{\partial\varphi}{\partial y} + C\frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

est donc zéro, car nous avons à la fois

$$X\frac{\partial\varphi}{\partial x} + Y\frac{\partial\varphi}{\partial z} + Z\frac{\partial\varphi}{\partial z} = 0, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{dy}{ds} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{dz}{ds} = 0$$

Le plan osculateur est donc normal à la surface.

4. — Supposons une masse magnétique isolée μ_0, concentrée en un point M de coordonnées (o, o, λ). L'équation de la surface-trajectoire peut être écrite

$$(6) \qquad -k\mu_0\frac{z-\lambda}{r_0} - k\Sigma'\mu\frac{z-c}{r} + C = \Delta\left(\frac{y}{x}\right)$$

la somme Σ' étant étendue à toutes les autres masses magnétiques sur l'axe des z. Nous désignons par r_0 la distance du point M au point (x, y, z).

Les tangentes aux lignes de force sur la surface-trajectoire

[1] Appel, *Traité de mécanique rationnelle*, t. I, p. 496.

forment au point M *un cône de révolution de sommet* M. Autrement dit : *un cône de révolution de sommet* M *est tangent au point* M *à la surface-trajectoire.* J'appellerai ce cône « cône de révolution associé ».

En effet : A une distance très petite du point M l'action des autres masses devient négligeable devant l'action de la masse μ_0. Donc, en négligeant les termes des autres masses magnétiques, la surface-trajectoire doit se confondre avec un cône de révolution de sommet M qui est la surface-trajectoire dans le cas d'un seul pôle[1]. Lorsqu'on est infiniment près du point M, l'écart de la surface-trajectoire véritable doit être d'ordre supérieur au premier. Nous appliquerons plus tard ce résultat pour trouver la fonction $\Delta\left(\frac{y}{x}\right)$ encore inconnue.

Sur l'intégration des équations du mouvement.

5. — Nous avons

$$\frac{dR}{ds} = \frac{x}{R}\frac{dx}{ds} + \frac{y}{R}\frac{dy}{ds}, \qquad \frac{\psi}{R} = -\frac{y}{R}\frac{dx}{ds} + \frac{x}{R}\frac{dy}{ds}$$

la dernière expression en vertu de l'équation (2). Nous obtenons en faisant la somme

$$\left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{\psi}{R}\right)^2$$

la formule interessante

$$\left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\psi}{R}\right)^2 \tag{7}$$

Différentions l'équation (3) par rapport à l'arc s et désignons

$$\Sigma \mu \frac{R}{r^3} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

par U. Nous obtenons parce que

$$\frac{d\frac{y}{x}}{ds} = \frac{1}{x^2}\left(x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds}\right) = \frac{\psi}{x^2}$$

l'expression suivante

$$Z\frac{dR}{ds} - U\frac{dz}{ds} = \frac{\psi\, \Delta'(u)}{k.x^2.R} \tag{8}$$

[1] Poincaré, *Loc. cit.*

Pour abréger écrivons

$$1 - \left(\frac{\psi}{R}\right)^2 = F, \qquad \frac{\psi\,\Delta'(u)}{k.x^2.R} = P$$

Nous obtenons en vertu des formules (7) et (8)

$$\text{(9)} \quad \begin{cases} \dfrac{dR}{ds} = \dfrac{1}{H^2}\left[ZP \pm U\sqrt{H^2F - P^2}\right] \\ \dfrac{dz}{ds} = \dfrac{1}{H^2}\left[-UP \pm Z\sqrt{H^2F - P^2}\right] \end{cases}$$

à ces deux équations il faut ajouter l'équation (2) où on pose

$$x = R\cos\varphi, \qquad y = R\sin\varphi.$$

Ainsi nous obtenons

$$\text{(9 a)} \qquad \frac{d\varphi}{ds} = \frac{\psi}{R^2}$$

Le problème d'intégrer les équations (1) *est donc ramené à un problème plus facile, savoir de résoudre trois équations différentielles ordinaires de premier ordre.*

6. — Par un point (x, y, z) de la surface il passe, en général, deux trajectoires, car on a deux valeurs de

$$\frac{dR}{ds} \quad \text{et} \quad \frac{dz}{ds}$$

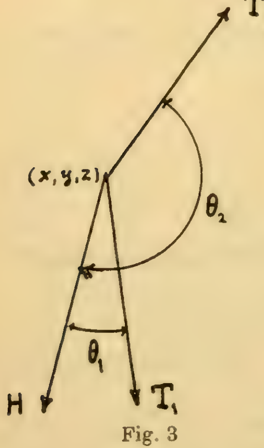


Fig. 3

Soit T_1 et T_2 les deux trajectoires passant par (x, y, z) et désignons par θ_1 et θ_2 les angles entre la force magnétique et les trajectoires T_1 et T_2.

Nous allons voir que *la somme* $\theta_1 + \theta_2$ *est égale à* π. En effet, on a en désignant par θ un des angles θ_1 et θ_2

$$H\cos\theta = X\frac{dx}{ds} + Y\frac{dy}{ds} + Z\frac{dz}{ds}$$

car les cosinus directeurs de la trajectoire sont

$$\frac{dx}{ds}, \quad \frac{dy}{ds}, \quad \frac{dz}{ds},$$

et ceux de la ligne de force

$$\frac{X}{H}, \quad \frac{Y}{H}, \quad \frac{Z}{H}.$$

En vertu des deux formules au commencement du § 5, nous avons

$$\frac{dy}{ds} = \frac{y}{R}\frac{dR}{ds} + \frac{x}{R}\frac{\psi}{R}$$

$$\frac{dx}{ds} = \frac{x}{R}\frac{dR}{ds} - \frac{y}{R}\frac{\psi}{R}$$

En introduisant ces expressions dans la formule pour cos θ nous obtenons

$$H \cos \theta = \frac{I}{R}(Xx + Yy)\frac{dR}{ds} + Z\frac{dz}{ds} = U\frac{dR}{ds} + Z\frac{dz}{ds}$$

En vertu des équations (9) nous avons donc

$$\cos \theta = \pm \frac{I}{H}\sqrt{H^2F - P^2}$$

q. e. d. La particule en mouvement, en suivant une de ces trajectoires par exemple T_1, s'approche des masses magnétiques, tandis que la particule en mouvement suivant l'autre trajectoire T_2 s'éloigne.

Formules diverses

7. — Avant de trouver la valeur de la fonction $\Delta(u)$, encore inconnue, nous allons développer quelques formules utiles.

1° *L'angle α entre la direction du mouvement et le plan Q passant par la particule en (x, y, z) et l'axe des z.*

Les cosinus directeurs du plan Q sont

$$-\frac{y}{R}, \quad \frac{x}{R}, \quad 0$$

et celles du mouvement

$$\frac{dx}{ds}, \quad \frac{dy}{ds}, \quad \frac{dz}{ds}$$

donc

$$(11) \qquad \cos\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \sin a = -\frac{y}{R}\frac{dx}{ds} + \frac{x}{R}\frac{dy}{ds} = \frac{\psi}{R}$$

c'est-à-dire *la même formule pour les deux trajectoires T_1 et T_2.* On a donc pour tous les points de la trajectoire

$$(12) \qquad \left|\frac{\psi}{R}\right| \leqq 1 \qquad \left|\frac{\Delta(u)}{R}\right| \leqq 1$$

La dernière inégalité est une conséquence de l'équation de la surface trajectoire

$$\psi = \Delta\left(\frac{y}{x}\right)$$

car la trajectoire est, comme nous avons vu, toute entière située sur cette surface.

2° *L'angle δ entre le plan tangent à la surface-trajectoire en (x, y, z) et le plan Q passant par le même point et par l'axe des z.*

Les cosinus directeurs du plan tangent sont

$$\frac{\frac{\partial\varphi}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}}, \quad \frac{\frac{\partial\varphi}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}},$$

$$\frac{\frac{\partial\varphi}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}}$$

d'où

$$(13) \quad \cos\delta = \frac{-\frac{y}{R}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + \frac{x}{R}\frac{\partial\varphi}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2}} = -\Delta'(u)\frac{1}{x^2}\left[k^2 H^2 - (\Delta'(u))^2\frac{1}{x^4}\right]^{-\frac{1}{2}}$$

car nous avons en tenant compte des formules (4)

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2 = k^2.R^2.H^2 + (\Delta'(u))^2\frac{R^2}{x^4}$$

$$-y\frac{\partial\varphi}{\partial x} + x\frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\Delta'(u)\frac{R^2}{x^2}$$

3° *Rayon de courbure ρ.*

D'après une formule bien connue on a

$$\frac{1}{\varrho^2} = \left(\frac{d^2x}{ds^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{ds^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{ds^2}\right)^2$$

Donc par les formules (5)

$$(14) \quad \begin{aligned} \frac{1}{\varrho^2} &= \frac{\psi^2}{R^4}\left(\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2\right) \\ &= \frac{\psi^2}{R^2}\left[k^2H^2 + (\Delta'(u))^2\frac{1}{x^4}\right] \end{aligned}$$

Les deux trajectoires T_1 et T_2 ont donc au point (x, y, z) le même rayon de courbure et le même centre de courbure.

Si la charge d'électricité est positive on aura le centre de courbure à gauche d'un observateur traversé des pieds à la tête par le vecteur de la vitesse v et regardant dans la direction de la force magnétique H. Si au contraire la charge est négative on aura le centre de courbure à droite.

En vertu des formules (11) et (13) on peut écrire l'expression de $\frac{1}{\rho}$ sous la forme

$$\frac{1}{\rho^2} = k^2 \mathrm{H}^2 \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \delta}$$

On voit que les valeurs de α, δ et ρ en un point (x, y, z) de la surface-trajectoire *ne dépendent que des coordonnées* (x, y, z).

En résumé nous avons trouvé :

1° La trajectoire est, en général, une ligne géodésique d'une surface-trajectoire

$$\psi = \Delta\left(\frac{y}{z}\right)$$ [1]

2° Par chaque point (x, y, z) de cette surface il passe, en général, deux trajectoires T_1 et T_2, dont les équations différentielles sont données par les formules (9) et (9 a).

3° Ces deux trajectoires ont au point (x, y, z) le même rayon de courbure et le même centre de courbure.

4° La somme des angles entre la trajectoire T_1 et la force magnétique H et entre la trajectoire T_2 et la force magnétique, est égale à π.

5° La valeur de $\sin \alpha$ est la même pour la trajectoire T_1 et la trajectoire T_2.

Cas d'un seul pole magnétique

8. — Pour trouver la fonction inconnue $\Delta(u)$ il faut d'abord traiter le cas d'un seul pôle magnétique. Les équations sont, comme j'ai déjà dit dans ce cas, résolues par M. Darboux et M. Poincaré. Les équations (1) sont dans ce cas facile à intégrer. Nous obtenons [2]

[1] Il existe un cas d'exception que nous étudions plus tard au § 16.

[2] Appell, *loc. cit.*, p. 369.

$$y \frac{dz}{ds} - z \frac{dy}{ds} = -k\mu \frac{x}{r} + A$$

$$z \frac{dx}{ds} - x \frac{dz}{ds} = -k\mu \frac{y}{r} + B$$

$$x \frac{dy}{ds} - y \frac{dx}{ds} = -k\mu \frac{z}{r} + C$$

On tire de là si l'on multiplie ces équations par x, y, z respectivement et si on les ajoute

(E) $$k\,\mu\,r = Ax + By + Cz$$

A, B, C étant des constantes d'intégration. Cette équation prouve que la surface-trajectoire est un cône de révolution. L'axe de ce cône est perpendiculaire au plan P ayant pour équation

$$Ax + By + Cz = o$$

car l'équation du cône montre que le cône est le lieu des points tels que le rapport de leur distance à l'origine et au plan P passant par l'origine est constante. En résumé, la trajectoire est une ligne géodésique d'un cône de révolution dont le sommet est au pôle.

Nous allons transformer l'équation (E) pour obtenir l'équation du cône de révolution sous la forme (3) au § 2. Posons

$$\frac{A}{k\mu} = \alpha, \qquad \frac{B}{k\mu} = \beta, \qquad \frac{C}{k\mu} = \gamma$$

Nous obtenons

$$x^2 + y^2 + z^2 = (\alpha x + \beta y + \gamma z)^2$$

En écrivant pour abréger $\alpha x + \beta y = v$ nous avons l'équation suivante pour trouver z :

$$z^2(1 - \gamma^2) - 2\gamma . v . z + R^2 - v^2 = o$$

$$z = \frac{1}{1 - \gamma^2} \left\{ \gamma v \pm \sqrt{v^2 - R^2 (1 - \gamma^2)} \right\}$$

Pour que z soit réel il faut que $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 \overline{\gtrless} 1$. En effet en posant $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = d^2$ nous avons

$$z = \frac{1}{1 - \gamma^2} \left\{ \gamma v \pm \sqrt{(d^2 - 1) R^2 - (\beta x - \alpha y)^2} \right.$$

donc, il faut que $d^2 \geqq 1$.

En vertu de la relation $r = \alpha x + \beta y + \gamma z$ qui est une identité lorsqu'on y introduit z en fonction de x et y, nous avons

$$r = \alpha x + \beta y + \gamma z = \frac{1}{1-\gamma^2}\left\{ v \pm \gamma \sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)} \right\}$$

d'où

$$\frac{z}{r} = \frac{\gamma v \pm \sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{v \pm \gamma \sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

L'équation du cône (surface-trajectoire dans le cas d'un seul pôle) dans la forme (3) du § 2 est

$$(15) \qquad -\frac{z}{r} + \gamma = \frac{\pm (\gamma^2 - 1)\sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{v \pm \gamma \sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

Cette formule qui est très utile pour ce qui va suivre n'est valable que pour $\gamma^2 \gtrless 1$. Pour $\gamma = +1$ et $\gamma = -1$ on trouve de même manière respectivement

$$(15a) \quad -\frac{z}{r} + 1 = \frac{2v^2}{R^2 + v^2} \quad \text{et} \quad -\frac{z}{r} + 1 = -\frac{2v^2}{R^2 + v^2}$$

On voit que les expressions du côté droit dans les formules (15) et (15a) sont des fonctions de $\frac{y}{x}$ seul. Les deux signes $\pm$ correspondent aux deux parties du cône.

Calcul de la fonction $\Delta(u)$ dans l'équation de la surface-trajectoire

9. — Nous supposons une masse magnétique isolée μ_0 concentrée en un point M de coordonnées $(0, 0, \lambda)$. L'équation de la surface-trajectoire est alors donnée par la formule (6) du § 4. A une distance très petite du point M l'action des autres masses magnétiques devient négligeable devant l'action de la masse concentrée μ_0. Donc en négligeant les termes des autres masses magnétiques la surface-trajectoire doit se confondre avec un cône de révolution de sommet au point M, qui en ce point est tangent à la surface-trajectoire véritable. L'expression

$$\Sigma' \mu \frac{z - c}{r}$$

dans la formule (6) tend vers la limite $\Sigma' \mu$ lorsque x et y ten-

dent vers zéro et z vers λ[1], tandis que $\Delta(u)$ aura la même valeur que si x et y étaient finis. En effet.

En posant

$$y = \sigma . y_1 \qquad ; x = \sigma . x_1$$

x_1, y_1 étant deux valeurs quelconques de x et y respectivement, et en faisant tendre la quantité σ vers zéro les variables x et y tendent aussi vers zéro, tandis que le rapport

$$u = \frac{y}{x} = \frac{y_1}{x_1}$$

étant indépendant de σ conserve la même valeur. Donc pour $x, y, z - \lambda$ infiniment petits on peut écrire la formule (6) :

$$-\frac{z-\lambda}{r_0} - \frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu + C\frac{1}{k\mu_0} = \frac{1}{k\mu_0}\Delta(u)$$

Cette équation doit se confondre avec l'équation d'un cône de révolution de sommet au point M. On a donc en vertu de la formule (15)

$$\gamma = -\frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu + C\frac{1}{k\mu_0}$$

(16) $$\Delta(u) = \pm k\mu_0 \frac{(\gamma^2-1)\sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{v \pm \gamma\sqrt{v^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

pour $\gamma^2 \gtrless 1$, car la valeur de $\frac{1}{k\mu_0}\Delta(u)$ doit se confondre avec l'expression au côté droit de la formule (15). Pour $\gamma = +1$ ou $\gamma = -1$ on a respectivement

(16a) $$\Delta(u) = k\mu_0 \frac{2v^2}{R^2+v^2} \quad \text{et} \quad \Delta(u) = -k\mu_0\frac{2v^2}{R^2+v^2}$$

L'équation de la surface-trajectoire (la formule (6)) sera donc[2]

(17) $$-\frac{z-\lambda}{r_0} - \frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu\left(\frac{z-c}{r} - 1\right) + \gamma = \frac{\pm(\gamma^2-1)\sqrt{(ax+\beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{(ax+\beta y)^2 \pm \gamma\sqrt{(ax+\beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

pour $\gamma^2 \neq 1$. Pour $\gamma = +1$ ou $\gamma = -1$ on a respectivement

$$-\frac{z-\lambda}{r_0} - \frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu\left(\frac{z-c}{r} - 1\right) + 1 = \frac{2(ax+\beta y)^2}{(ax+\beta y)^2 + R^2}$$

(17a) et

$$-\frac{z-\lambda}{r_0} - \frac{1}{\mu_0}\Sigma'\mu\left(\frac{z-c}{r} - 1\right) - 1 = -\frac{2(ax+\beta y)^2}{(ax+\beta y)^2 + R^2}$$

[1] Dans l'expression $\Sigma'\mu$ il faut remplacer μ par $-\mu$ lorsque $\lambda - c$ est négatif.

[2] D'après la formule (15) nous avons $\left|\frac{1}{k\mu_0}\Delta(u) - \gamma\right| \leqq 1$ pour toutes les valeurs de u.

10 — Les équations des surfaces-trajectoires passant par le point M dépendent donc de trois constantes arbitraires α, β, γ, satisfaisant à l'inégalité

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 \overline{\gtrless} 1$$

Le cône de révolution tangent au point M à la surface-trajectoire est perpendiculaire au plan P passant par M

$$\alpha x + \beta y + \gamma (z - \lambda) = o$$

Les cosinus directeurs de l'axe du cône sont donc

$$\frac{\alpha}{d}, \frac{\beta}{d}, \frac{\gamma}{d}$$

ou $d^2 = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$. Pour chaque système de valeurs de α, β, γ on a une surface-trajectoire, un cône de révolution tangent au point M et un plan P passant par M et normal à l'axe du cône (Cône *associé* à la surface-trajectoire au point M) En particulier pour $\alpha = \beta = o$ le plan P sera

$$z - \lambda = o$$

c'est-à-dire un plan parallèle au plan des xy. L'équation de la surface-trajectoire est dans ce cas (voir formule (17))

$$-\frac{z-\lambda}{r_0} - \frac{1}{\mu_0} \Sigma'\mu \left(\frac{z-c}{r} - 1\right) + \frac{1}{\gamma} = 0$$

où $\gamma^2 > 1$. *C'est une surface de révolution avec l'axe des z comme axe.* La fonction Δ *(u)* sera d'après la formule (16)

$$\Delta (u) = k\mu_0 \left(\gamma - \frac{1}{\gamma}\right)$$

c'est-à-dire constante. Comme on a $\psi = \Delta$ *(u)* nous avons d'après la formule (11) § 7

$$\sin \alpha = \frac{\psi}{R} = \frac{\Delta(u)}{R} = \frac{\text{constante}}{R}$$

qui est la formule de Clairant[1] et la condition pour que la trajectoire soit une ligne géodésique de la surface de révolution. Nous reviendrons plus tard au cas où $\alpha = \beta = o$.

[1] Appel. *Loc. cit.* p. 505, t. I.

Avant d'étudier en détail les surfaces-trajectoires, il faut trouver $\Delta'(u)$. De la formule (16), nous trouverons après quelques calculs

$$\text{(18)} \qquad \Delta'(u) = \frac{\pm k\mu_0 (\gamma^2-1)(au-\beta)\left[(a+\beta u)^2-(1+u^2)(1-\gamma^2)\right]^{-\frac{1}{2}}}{\left[a+\beta u \pm \gamma\sqrt{(a+\beta u)^2-(1+u^2)(1-\gamma^2)}\right]^2}$$

Donc

$$\text{(18}a\text{)} \qquad \frac{\Delta(u)\Delta'(u)}{x^2} = k^2\mu_0{}^2(\gamma^2-1)^2(ay-\beta x)\left[ax+\beta y \pm \gamma\sqrt{(ax+\beta y)^2-R^2(1-\gamma^2)}\right]^{-3}$$

pour $\gamma^2 \gtrless 1$. Pour $\gamma = +1$ et $\gamma = -1$, on a respectivement d'après les formules (16 a)

$$\Delta'(u) = 4k\mu_0(a+\beta u)(\beta - au)\left[1+u^2+(a+\beta u)^2\right]^{-2}$$

(18 b) et

$$\Delta'(u) = -4k\mu_0(a+\beta u)(\beta - au)\left[1+u^2+(a+\beta u)^2\right]^{-2}$$

(A suivre)

SUR LES TRAJECTOIRES

DES CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

sous l'action du magnétisme terrestre

avec application aux aurores boréales, etc.

(Second mémoire [1])

PAR

Carl STÖRMER

(Suite [2])

TROISIÈME PARTIE

Comparaison entre la théorie précédente et les résultats relatifs a l'aurore boréale obtenus par une nouvelle méthode photogrammétrique.

21. *Solution du problème consistant à prendre des photographies réussies de l'aurore boréale. Expédition à Bossekop en février et mars 1910.*

Pour bien juger les résultats théoriques obtenus d'un côté par les expériences physiques de mon collègue M. Kr. Birkeland, et d'un autre côté par la théorie mathématique que j'ai

[1] Pour le premier mémoire, voir *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève, 1907, t. XXIV, p. 5, 113, 221, 317.

[2] Voir *Archives,* août 1911, p. 177, septembre, p. 190, octobre, p. 277, novembre, p. 415, décembre, p. 501.

donnée dans ce mémoire et dans celui publié en 1907, le meilleur moyen me semblait être de recueillir sur l'aurore boréale autant d'observations directes que possible et les comparer avec la théorie.

Cependant, l'observation visuelle ainsi que les dessins et descriptions qu'on peut fournir de ces phénomènes variables et subtils sont toujours plus ou moins subjectifs et incomplets.

La seule méthode qui ait un caractère tout à fait objectif, c'est *la méthode photographique*. Cependant le problème consistant à prendre de l'aurore boréale des vues photographiques réussies présente de grandes difficultés, tant à cause de la faible luminosité de l'aurore, qu'à cause de sa mobilité, qui limite la pose à quelques secondes au maximum. Aussi n'existait-il, autant que je sache, avant mes photographies, qu'une seule de courte pose (sept secondes) prise par M. Brendel[1] à Bosekop le 1er février 1892.

Au cours de l'année 1909, je fis des expériences systématiques pour obtenir une solution satisfaisante du problème de la photographie de l'aurore, expériences qui donneraient lieu à une expédition à Bossekop (dans la Norvège septentrionale) pendant les mois de février et de mars 1910[2]).

Ces expériences avaient pour but de trouver les objectifs les plus puissants et les plaques les plus sensibles pour photographier l'aurore boréale.

J'ai fini par choisir un petit objectif cinématographique « *Ernemann Kinostigmat* » avec diaphragme de 25 millimètres et une distance focale de 50 millimètres seulement.

Parmi les plaques, mes essais me prouvèrent que les plaques

[1] Voir la note de M. Baschin : Die ersten Nordlichtphotographien, etc. *Meteorologische Zeitschrift*, Tome 17, Wien 1900.

[2] Sur les résultats de cette expédition voir : « Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude », *Comptes Rendus*, Paris 13 juin 1910 et « Résultats des mesures photogrammétriques de l'altitude de l'aurore boréale », etc. *Ibid*, 1er mai 1911.

Le rapport détaillé sur l'expédition ayant le titre : « Bericht einer Expedition nach Bossekop zwecks photografische Aufnahmen und Höhemessungen von Nordlichtern » est en cours d'impression dans le *Videnskabsselskabets Skrifter*, Christiania (En commission chez M. Jacob Dydwad).

Lumière à étiquette violette[1] possédaient une supériorité incontestable quoiqu'elles fussent insensibles à la raie principale jaune-verte de l'aurore. Les plaques allemandes *Agfacromo* furent trouvées bonnes aussi, sans l'être autant que les plaques Lumière ; elles étaient cependant sensibles à la raie principale.

A la suite de ces expériences je fis construire deux appareils photographiques, le premier pour cassette et le second pouvant prendre douze images consécutives. Tous deux avaient un même objectif de l'espèce indiquée plus haut. J'avais aussi emporté à Bossekop un appareil avec lentille condensatrice, mais il fournissait des images peu distinctes.

Peu avant mon départ, j'eus la chance de m'assurer comme assistant M. *Bernt Johannes Birkeland*[2], attaché à l'Institut météorologique de Christiania.

Nous partîmes au commencement de février 1910 et restâmes six semaines à Bossekop.

Bossekop, dans la Norvège septentrionale, est une localité classique pour les observations d'aurore boréale ; elle est placée tout près de la zone de fréquence maximum des aurores et en même temps on a là tous les avantages de la civilisation ; deux hôtels, un bureau de poste, une station télégraphique et communications par bateau deux fois par semaine.

Nous eûmes dix-sept soirées au temps clair et nous ne prîmes pas moins de huit cents plaques, dont plusieurs centaines étaient réussies[3].

Sur les planches I, II, III et IV, on peut juger de quelques-unes des photographies obtenues. Le temps est le temps moyen de l'Europe centrale compté astronomiquement de 0 à 24 h. ; le 0 correspondant à midi ; il se rapporte au commencement de

[1] Plus tard, j'ai constaté que les plaques Ultra-rapid de Hauff, Feuerbach étaient plus sensibles encore.

[2] Pas à confondre avec M. Kr. Birkeland, professeur de physique à l'Université de Christiania.

[3] Dans le rapport détaillé cité plus haut on trouvera un très grand nombre de clichés de ces aurores, ainsi 354 en grandeur originale de 4 $\times$ 5 cm. ; 80 en négatifs de 9 $\times$ 12 cm. et 24 en planches de 11 $\times$ 15 cm. (4 de ces planches sont reproduites ici ; les clichés ont été faits chez M. Wilh. Scheel, Christiania.)

la pose. On voit combien sont admirables ces aurores boréales qui sont sans doute à compter parmi les plus splendides phénomènes de la nature.

22. *Méthode photogrammétrique pour mesurer l'altitude et la situation de l'aurore*

Une fois le problème de photographier l'aurore résolu, on a tout de suite une méthode excellente pour mesurer l'altitude de l'aurore et sa situation dans l'espace : on n'aura qu'à photographier simultanément l'aurore de deux stations reliées par téléphone et à comparer la situation de l'aurore par rapport aux étoiles sur l'une et l'autre plaque ; connaissant le temps et les constantes optiques de l'objectif, on aura alors toutes les données nécessaires pour calculer l'altitude de l'aurore et sa situation, et cela avec une grande précision.

Avant de donner les formules nécessaires pour ces calculs, nous allons rapporter les détails de la méthode employée.

A Bossekop nous avions choisi comme stations :

I. *Alten Kirke* (l'église d'Alten) : longitude à l'est de Greenwich 23° 15′ 28″, latitude 69° 57′ 51″.

II. *Övre Alten Skole* (l'école d'Alten supérieure) : longitude à l'est de Greenwich 23° 16′ 23″, latitude 69° 55′ 34″.

Distance entre les deux 4280 mètres.

M. B.-J. Birkeland était chef de la station II et moi-même de la station I ; chacun de nous avait à sa disposition un aide. Les appareils photographiques et les plaques étaient identiques aux deux stations.

Les stations communiquaient entre elles par une ligne de téléphone militaire.

Aussitôt les stations établies je suivis avec attention le développement de l'aurore ; quand elle avait une tendance à se rapprocher d'une constellation convenable, par exemple de la Grande Ourse, je sonnais à l'autre station et après conférence par téléphone, nous fixions tous les deux nos appareils photographiques vers la même étoile, par exemple vers α de la Grande Ourse. Alors, le téléphone à l'oreille et le cordon du diaphragme dans la main, j'attendais un moment convenable, où l'aurore parvenait à proximité de cette étoile. Je disais

alors : *un* et, à ce signal, l'exposition commençait aux deux stations. J'examinais alors attentivement l'aurore et faisais durer l'exposition aussi longtemps que cela pouvait avoir lieu sans déplacement sensible de sa position ; je disais alors : *deux* et l'exposition était interrompue. Je m'assurais immédiatement par téléphone que les signaux avaient été bien compris et bien suivis, après quoi le numéro de la photographie était inscrit sur le dos des cassettes.

Les plaques furent développées aussitôt que possible après la pose et emmagasinées.

Après le retour à Christiania, on a ensuite renforcé les négatifs pour bien faire ressortir les contrastes.

Pour mesurer les parallaxes le procédé suivant a été employé :

On plaçait d'abord le négatif de la première station dans un appareil à projection de manière à obtenir l'image agrandie sur un mur. On a choisi l'agrandissement de manière que 1 cm. au centre de l'image correspondait à un degré angulaire sur le ciel.

Après cela, on fixait sur la muraille une feuille de papier à dessin, sur laquelle on dessinait au crayon les contours de l'aurore et les étoiles photographiées. Puis le négatif venant de l'autre station était fixé dans l'appareil de projection et ce dernier était transporté dans une situation telle que les étoiles couvrissent les positions provenant déjà du négatif précédent.

Le papier était alors enlevé et l'on dessinait *sur une nouvelle feuille* les contours de l'aurore et les étoiles.

Les deux dessins étaient alors mis l'un sur l'autre, de façon à ce que les mêmes étoiles occupassent la même position et les contours de l'aurore fussent tirés sur la planche définitive.

Cette dernière formait alors la matière première pour la mesure de la parallaxe et pour les calculs subséquents, dont je rends compte au paragraphe suivant.

23. *Sur les formules qui ont été employées pour calculer la situation et l'altitude de l'aurore*

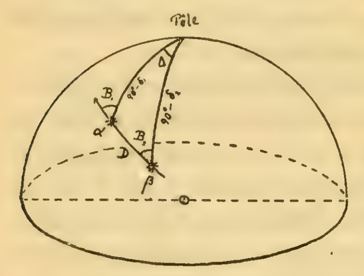
Ces formules ne sont que le résultat direct de l'application de la trigonométrie élémentaire. Nous les donnons sous la forme que nous avons trouvé la plus pratique dans les applications.

Supposons que le dessin d'après les négatifs est achevé et qu'il s'agisse de le mesurer.

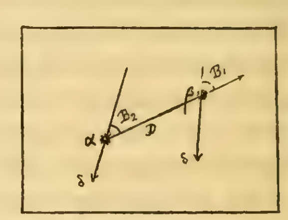
On choisit alors deux étoiles voisines du milieu du dessin : appelons-les α et β ; d'après les catalogues stellaires on connait la déclinaison et l'ascension droite de chacune de ces étoiles.

On en tire la distance D entre α et β et les angles que fait le grand cercle passant par α et β avec les cercles de déclinaison passant par ces étoiles.

Cela donne l'échelle du dessin et les directions des cercles de déclinaison passant par α et β :



La sphère céleste.



Le dessin exécuté d'après les négatifs.

Fig. 24

Nous nous sommes servis des formules.

$$\operatorname{tg} \frac{B_1 - B_2}{2} = \sin \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \sec \frac{\delta_1 - \delta_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{B_1 + B_2}{2} = \cos \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \operatorname{cosec} \frac{\delta_1 - \delta_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{D}{2} = \cos \frac{B_1 - B_2}{2} \sec \frac{B_1 + B_2}{2} \operatorname{tg} \frac{\delta_1 - \delta_2}{2}$$

La signification des lettres employées se voit sur la figure 24.

Les valeurs trouvées de D, de B_1 et de B_2 doivent être contrôlées par comparaison avec une carte céleste.

Cela posé, à l'aide du temps on calcule le temps sidéral au moment de la pose, rapporté à la station I.

Cela donne l'angle horaire t de l'étoile α, et ensuite sa hauteur h (complément de la distance zénithale) et son azimuth à l'aide des formules :

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$
$$\sin a \cos h = \cos \delta \sin t$$
$$\cos a \cos h = - \cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t$$

où $\delta = \delta_1$ et où φ est la latitude de la station I.

Ensuite l'angle k entre le cercle de déclinaison et le vertical passant par l'étoile α sera calculé et contrôlé par les formules :

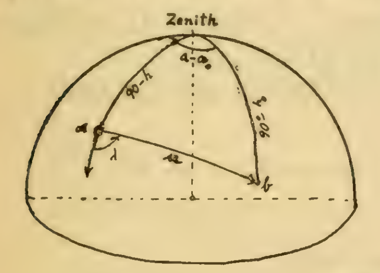
$$\sin k \cos \delta = \sin a \cos \varphi$$
$$\sin k \cos h = \sin t \cos \varphi$$

Connaissant k on peut tout de suite tracer sur le dessin le vertical par α. Sur ce vertical on marque ensuite une échelle donnant la hauteur h en degrés.

Il s'agit maintenant de mesurer la parallaxe et pour cela il est nécessaire de connaître dans quelle direction cette parallaxe doit être mesurée.

Soit α' le point de l'aurore photographiée de la station II, identique au point α sur la photographie de la station I.

$\alpha\alpha'$ sera alors la parallaxe p et le grand cercle passant par α et α' sera l'intersection entre la sphère céleste et le plan passant par les deux stations et le point considéré de l'aurore boréale.



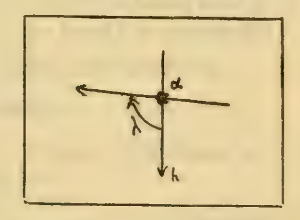


Fig. 25

Soit b le point où la direction de la station I à la station II rencontre la sphère céleste et soient h_o et a_o la hauteur de l'azimuth de b.

Si h et a sont la hauteur et l'azimuth de α, on aura pour l'angle λ entre le vertical et la direction de la parallaxe la formule

$$\operatorname{cotg} \lambda = \frac{-\operatorname{tg} h_0 \cos h + \sin h \cos (a - a_0)}{\sin (a - a_0)}$$

en particulier, si les stations sont à un même niveau, c'est-à-dire si $h_o = o$, on aura :

$$\operatorname{cotg} \lambda = \sin h \operatorname{cotg} (a - a_0)$$

D'après la valeur de λ ainsi calculée on trace alors sur le dessin la direction dans laquelle la parallaxe doit être mesurée.

Cela fait, considérons le triangle ABC formé par les deux stations I et II et le point considéré α de l'aurore boréale :

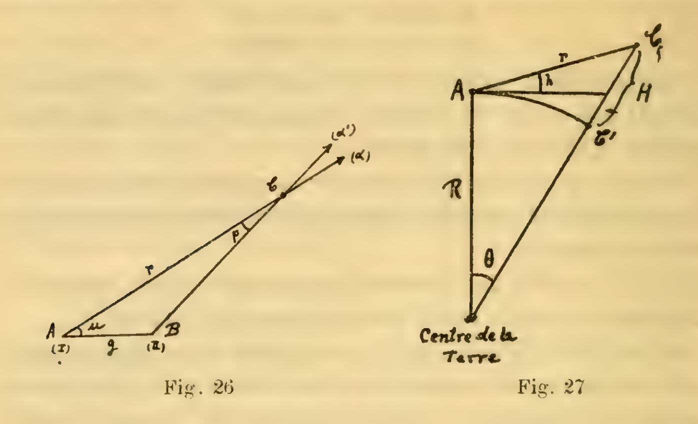


Fig. 26

Fig. 27

Soit g la base AB, p la parallaxe, r la distance AC de la station I au point α, et u l'angle que AC fait avec AB.

On trouve d'abord que l'angle u est égal au grand cercle α b sur la sphère céleste, d'où

$$\cos u = \sin h \sin h_0 + \cos h \cos h_0 \cos (a - a_0)$$

et en particulier pour $h_0 = o$:

$$\cos u = \cos h . \cos (a - a_0)$$

Ensuite,

$$r = \frac{g \sin (u + p)}{\sin p}$$

ce qui donne la distance r, la base g étant supposée connue.

Passons enfin au calcul de l'altitude H de l'aurore et de sa situation dans l'espace.

Considérons une section verticale passant par A et C en supposant la terre sphérique et de rayon R. Nous avons (voir fig. 27) :

$$(R + H)^2 = R^2 + r^2 + 2 Rr \sin h$$

En introduisant

$$x = r \cos h$$
$$y = r \sin h$$

On en tire

$$H = \sqrt{(R + y)^2 + x^2} - R$$

En écrivant cette formule des deux manières suivantes :

$$H = y + \frac{x^2}{R + y + \sqrt{(R + y)^2 + x^2}}$$

et

$$H = y + \frac{x^2}{2(R + y)} - \frac{x^4}{2(R + y)\left[R + y + \sqrt{(R + y)^2 + x^2}\right]^2}$$

on obtient les formules simplifiées suivantes :

$$H = y$$

et

$$H = y + \frac{x^2}{2(R + y)}$$

Si l'on compte les distances en kilomètres, l'exactitude obtenue par ces deux formules sera plus grande respectivement que

$$\frac{x^2}{2R}\ \text{km.} \qquad \text{et} \qquad \frac{x^4}{8R^3}\ \text{km}$$

Donc, si l'on néglige des fautes de 0,5 km, la première formule peut être employée pour

$$x^2 < 6400\ \text{km.}$$

c'est-à-dire

$$x < 80\ \text{km.}$$

et la seconde pour

$$x < 1000\ \text{km.}$$

L'arc AC′, c'est-à-dire la distance géodésique de la station I au point C′ ayant C au zénith, sera donné par la formnle

$$AC' = \frac{\pi}{180} R\theta^\circ$$

où θ°, compté en degrés sera trouvé par

$$\sin \theta^\circ = \frac{x}{R + H}$$

Connaissant ainsi AC′ et l'azimuth du point α par le calcul précédent, on peut marquer le point C′ sur une carte.

Si le point considéré de l'aurore ne coïncide pas avec l'image d'une étoile (sur le négatif de la station I) on fait le calcul des angles k, h, a, λ et u pour diverses étoiles distribuées sur la plaque et par interpolation on peut alors avec assez d'approximation trouver ces angles pour un point quelconque de l'aurore.

En général il ne sera pas nécessaire de tenir compte de la déformation de l'image causée par les propriétés optiques de l'objectif, ni de la réfraction atmosphérique, ni de la forme ellipsoïdale de la terre ; en effet, l'exactitude avec laquelle on mesurera la parallaxe avec des bases $\leqq$ 30 km. n'est pas en général si grande que ces corrections n'aient aucun sens.

24. *Les lois de l'absorption des rayons de corpuscules négatifs dans l'atmosphère, d'après les recherches de Lenard et Wegener.*

Afin de pouvoir avec plus de certitude tirer des conclusions des mesures photogamétriques, il est nécessaire de faire ici une petite digression sur l'absorption des rayons corpusculaires dans l'atmosphère.

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, M. Kr. Birkeland et M. Lenard ont indépendamment l'un de l'autre mis en évidence la grande importance qu'auront les questions d'absorption pour la connaissance de la nature des rayons.

Surtout M. Lenard à étudié la question quantitativement à l'aide d'une intéressante formule d'absorption[1] qu'il a développée en supposant que les parties supérieures de l'atmosphère avaient même constitution que les parties inférieures. Cependant il se montrait alors impossible d'expliquer pourquoi l'aurore peut exciter la luminosité a des hauteurs de plus de 300 km. au-dessus du sol, altitudes résultant de mes mesures photogrammétriques, et M. Lenard en tira la conclusion que conformément aux idées de *MM. Hann, Humphreys* et *Wegener*[2] les parties supérieures de l'atmosphère devraient être constituées par les gaz les plus légers, surtout par de l'hydrogène.

[1] Voir Uber die Absorption der Nordlichtsstrahlen in der Erdatmosphäre, *Sitzungsberichte des Heidelberger Akademie der Wissenschaften*, 13 mai 1911.

[2] Voir *Hann* : Das Daltonsche Gesetz und die Zusammensetzung der Luft en grossen Höhen. *Zetschrift der Oesterr. Ges. f. Meteorologie* 1875 et Die Zusammensetzung der atmosphäre, *Met. Zeitschr.* 1903, Humphreys. Distribution of gases in the atmosphere. *Bull. of the Mount Weather Observatory*, II, 1910. Dr Alfred Wegener : Thermodynamik der Atmosphäre, 6 Kapitel.

M. Lenard dit aussi que dans ce cas, il sera nécessaire de reprendre les recherches en tenant compte de ces gaz et en se basant sur la loi de Dalton. C'est ce que nous allons faire, en suivant la même marche que M. Lenard et en nous basant sur les recherches récentes de M. Wegener, relatives à la constitution de l'atmosphère a des grandes altitudes[1].

Considérons un quelconque des gaz constituant l'atmosphère et évaluons la densité de ce gaz à une grande altitude, en supposant avec M. Wegener que

1° la distribution des gaz dans l'atmosphère suit la loi de Dalton, c'est-à-dire que la pression due à l'un quelconque d'entre eux est indépendante de l'existence des autres gaz, et

2° que l'on peut dans le calcul, pour les premiers 10 kilomètres d'altitude, considérer la température constante comme égale à $t_1 = -23°$ C. et pour le reste de l'atmosphère, comme constante et égale à $t_2 = -55°$ C.

Soit δ la densité du gaz à une altitude de h *cm*, $h > 10^6$. Soit p la pression du gaz en mm. de mercure à cette altitude et soit D sa densité à la pression de 760 mm. et à 0° Celsius. Comme la température est supposée égale à $t_2°$ on aura

$$\delta = \frac{p}{760} \frac{D}{1 + at_2}$$

où $\alpha = \frac{1}{273}$.

Quant à la pression p on la calculera comme chez M. Wegener: Supposons la pression à la surface de la terre égale à $\frac{\gamma}{100} 760$ correspondant au contenu du gaz par unité de volume de l'air. Alors, d'après la formule usitée de M. Wegener, la pression p' à $h' = 10^6$ cm. d'altitude sera donnée par

$$p' = \frac{\gamma}{100} 760\, e^{-\frac{h'}{H(1 + at_1)}}$$

où $\alpha = \frac{1}{273}$ et où H est une constante caractéristique pour le gaz en question et donnée par la formule

$$H = 799100 \frac{D_0}{D}$$

[1] *Loc. cit.*

D_0 étant la densité de l'air à 760 mm. et 0° Celsius. Ensuite, on aura pour la pression p à une altitude de h cm.

$$p = p' \cdot e^{-\frac{h - h'}{H(1 + at_2)}}$$

c'est-à-dire

$$p = \frac{\gamma}{100} \, 760 \, e^{\frac{a(t_1 - t_2)h'}{H(1 + at_1)(1 + at_2)}} \, e^{-\frac{h}{H(1 + at_2)}}$$

ce qui donne pour la densité cherchée la formule

$$\delta = \frac{\gamma}{100} \, \frac{D}{1 + at_2} \, e^{\frac{a(t_1 - t_2)h'}{H(1 + at_1)(1 + at_2)}} \, e^{-\frac{h}{H(1 + at_2)}}$$

Cela fait supposons que l'analyse de l'air à la surface de la terre fasse voir que une unité de volume de l'air contient

$\frac{\gamma_1}{100}$ de volume d'un gaz g_1, à densité D_1

$\frac{\gamma_2}{100}$ » » g_2, » D_2

. . . .

$\frac{\gamma_n}{100}$ » » g_n, » D_n

Alors d'après la loi de Dalton, la densité de l'air à une altitude de h *cm* sera

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \ldots + \delta_n$$

où l'une quelconque δ_k des densités est donnée par la formule

$$\delta_k = \frac{\gamma_k}{100} \cdot \frac{D_k}{1 + at_2} \cdot e^{\frac{a(t_1 - t_2)h'}{H_k(1 + at_1)(1 + at_2)}} \cdot e^{-\frac{h}{H_k(1 + at_2)}}$$

où

$$H_k = 799100 \cdot \frac{D_0}{D_k}$$

Nous allons combiner ces recherches avec celles de M. Lenard. Partons des lois suivantes pour l'absorption d'un rayon cathodique (ou β) par la matière:

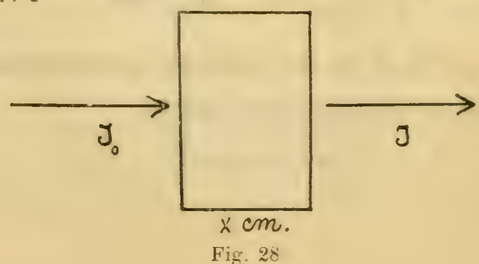


Fig. 28

1° D'abord

$$J = J_0 e^{-\alpha x}$$

où J_0 est l'intensité avant et J l'intensité après le passage par x *cm.* de la matière supposée homogène, et où α est une constante.

2° Ensuite, que le rapport $\frac{\alpha}{\delta}$ où δ est la densité de la matière reste constante pour les différentes matières, l'espèce des rayons étant le même[1].

Cela posé, supposons qu'un rayon de corpuscules vient de l'infini et pénètre dans l'atmosphère.

Considérons l'intensité J comme fonction de l'altitude h et soit Δs un élément du rayon pénétrant une couche de l'atmosphère d'épaisseur Δh en faisant l'angle θ avec la verticale.

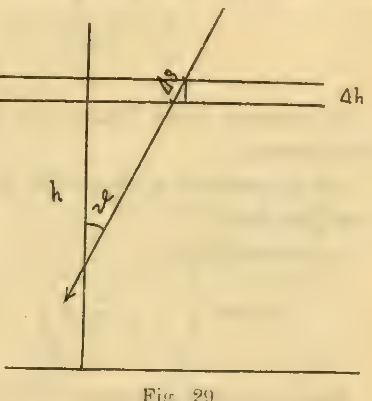


Fig. 29

Comme $\Delta s = \frac{\Delta h}{\cos \theta}$, on aura

$$J(h) = J(h + \Delta h)\, e^{-\frac{a\,\Delta h}{\cos \theta}}$$

Introduisons avec M. Lenard le coefficient d'absorption a pour l'air de 760 mm. de pression et la température 0°. Alors

$$\frac{\alpha}{\delta} = \frac{a}{D_0}$$

D_0 étant la densité de l'air à la dite pression et à la dite température. Cela donne

$$J(h + \Delta h) = J(h)\, e^{\frac{a}{\cos \theta} \frac{\delta}{D_0} \Delta h}$$

[1] Quant aux anomalies des gaz hydrogène et hélium, voir les remarques à la fin de ce mémoire.

On en tire

$$\frac{J(h+\Delta h)-J(h)}{\Delta h}=J(h)\,\frac{e^{\frac{a}{\cos\theta}\frac{\delta}{D_o}\Delta h}-1}{\Delta h}$$

et en passant à la limite, pour $\Delta h = o$

$$\frac{dJ}{dh}=\frac{a}{\cos\theta}\frac{\delta}{D_o}J$$

En supposant $J = J_o$ pour h infiniment grand, on en tire

$$\log\text{nat}\,\frac{J_o}{J}=\frac{a}{D_o}\int_h^{\infty}\frac{\delta}{\cos\theta}dh$$

On suppose alors l'angle θ et la densité δ comme connus en fonction de h.

Soit θ *constante et supposons que* δ *est donné par la formule citée plus haut.*

On trouve alors :

$$\log\text{nat}\,\frac{J_o}{J}=\frac{a}{D_o\cos\theta}\int_h^{\infty}(\delta_1+\delta_2+\ldots+\delta_n)dh$$

Mais d'après les formules de δ_k et de H_k on aura

$$\frac{1}{D_o}\int_h^{\infty}\delta_k dh = 7991\,\gamma_k\, e^{\frac{a(t_1-t_2)h'}{H_k(1+at_1)(1+at_2)}}\,.\,e^{-\frac{h}{H_k(1+at_2)}}$$

ce qui donne la formule définitive :

$$\log\text{nat}\,\frac{J_o}{J}=\frac{a}{\cos\theta}\sum_{k=1}^{k=n}\left[\gamma_k\lambda_k e^{-b_k h}\right]$$

où le premier facteur $\frac{a}{\cos\theta}$ ne dépend que de l'espèce du rayon et de son angle avec la verticale, où les γ_k ne dépendent que de l'analyse chimique de l'air à la surface de la terre et où enfin

$$\lambda_k = 7991\,.\,e^{\frac{a(t_1-t_2)h'}{H_k(1+at_1)(1+at_2)}}$$

et

$$b_k=\frac{1}{H_k(1+at_2)}=\frac{1}{799100}\frac{D_k}{(1+at_2)D_o}$$

ne dépendent que des températures t_1 et t_2 et de l'altitude h' où la température change de t_1 à t_2 degrés.

Par conséquent on peut facilement, dans les applications numériques, faire varier les hypothèses[1] relatives aux données a, θ, γ_k, t_1, t_2 et h'.

Passons aux applications à l'atmosphère. Substituons avec Wegener les valeurs suivantes :

$$t_1 = -23, \quad t_2 = -55, \quad h' = 10^6 \text{ cm}$$

Comme $\alpha = \frac{1}{273}$, cela donne :

$$\lambda_k = 7991 . e^{\frac{160290}{H_k}}$$

$$b_k = \frac{1,2523}{H_k}$$

Ensuite, quant à l'analyse chimique de l'air à la surface de la terre, nous nous basons sur les résultats suivants[2].

k.	*Gaz*	γ_k	H_k
1.	Geocoronium (Hypothèse de M. Wegener)	0,00058	$5,842 . 10^7$
2.	Hydrogène	0,0033	$1,1498 . 10^7$
3.	Hélium	0,0005	$5,842 . 10^6$
4.	Azote	78,1	$8,261 . 10^5$
5.	Oxygène	20,9	$7,229 . 10^5$
6.	Argon	0,937	$5,801 . 10^5$

On en tire les valeurs suivantes :

k.	*Gaz*	λ_k	$\gamma_k \lambda_k$	$10^7 b_k$
1.	Geocoronium ..	8013	4.648	0.2143
2.	Hydrogène	8103	26.74	1.089
3.	Hélium	8213	4.107	2.143
4.	Azote.........	9702	757300	15.159
5.	Oxygène......	9974	208500	17.323
6.	Argon	10534	9871	21.587

[1] Voir aussi le § 27.

[2] Voir Wegener, *l. c.*, p. 46.

valeurs qui doivent être substituées dans la formule

$$\log \text{nat} \frac{J_0}{J} = \frac{a}{\cos v} \left| \gamma_1 \lambda_1 e^{-b_1 h} + \gamma_2 \lambda_2 e^{-_2 bh} + \ldots + \gamma_6 \lambda_6 e^{-b_6 h} \right|$$

Le calcul donne alors les résultats suivants[1] :

Table des valeurs de $\lambda_k e^{-b_k h}$

$10^{-5} h$ (Altitude en kilom.)	1. Géocoronium	2. Hydrogène	3. Hélium	4. Azote	5. Oxygène	6. Argon
500	2744	34.96	0.1819			
450	3054	60.28	0.5312			
400	3400	103.9	1.551			
350	3784	178.3	4.532			
300	4212	308.8	13.23			
250	4689	532.3	38.66			
200	5220	917.5	112.9			
180	5448	1141	173.3			
160	5687	1418	266.1			
140	5936	1764	408.5	0.00001		
130	6064	1967	506.2	0.00006		
120	6196	2193	627.2	0.00012	0.00001	
110	6330	2445	775.8	0.00056	0.00005	
100	6467	2727	962.9	0.00253	0.00030	
95	6537	2879	1072	0.00535	0.00071	0.00001
90	6607	3040	1193	0.01153	0.00169	0.00004
85	6679	3210	1328	0.02518	0.00402	0.00011
80	6751	3390	1478	0.05249	0.00956	0.00033
75	6823	3580	1646	0.1120	0.02272	0.00098
70	6897	3780	1832	0.2390	0.05402	0.00288
65	6971	3992	2039	0.5100	0.1286	0.00848
60	7046	4215	2270	1.086	0.3053	0.02498
55	7122	4451	2526	2.323	0.7262	0.07349
50	7199	4700	2812	4 955	1.727	0.2162
45	7276	4963	3130	10.59	4.106	0.6364
40	7355	5241	3484	22.57	9.761	1.873
35	7434	5534	3879	48.16	23.21	5.512
30	7514	5844	4317	102.7	65.17	16.22
25	7596	6171	4806	219.3	131.2	47.73
20	7677	6517	5350	467.9	312.0	140.5

[1] Le calcul a été fait par M[lle] Marie Geelmuyden.

Table des valeurs[1] *de* $\gamma_k\ \lambda_k\ e^{-b_k h}$ *et de leur somme* $\Sigma\gamma_k\ \lambda_k\ e^{-b_k h}$

$10^{-5} h$ (Altitude en kilom.)	1. Géocoronium	2. Hydrogène	3. Hélium	4. Azote	5. Oxygène	6. Argon	Somme
500	1 591	0.1154	0.00009				1.707
450	1.771	0.1989	0.00027				1 971
400	1.972	0.3429	0.00078				2.316
350	2.195	0.5909	0.00227				2 788
300	2.443	1.019	0.00662				3.469
250	2.720	1.757	0.01933				4.496
200	3.027	3.028	0.05645				6.112
180	3.160	3.765	0.08665				7.012
160	3.298	4.681	0.1330	0.00002			8.113
140	3.443	5.820	0.2043	0.00046			9.468
130	3.517	6.490	0.2531	0.00209	0.00003		10.26
120	3.594	7.237	0.3136	0.00953	0.00020		11.15
110	3.671	8.070	0.3886	0.04339	0.00111		12.17
100	3.751	8.998	0.4815	0.1976	0.00625		13.43
95	3.791	9.501	0.5359	0.4174	0 01488	0.00001	14.26
90	3.832	10.03	0.5965	0.8997	0.03530	0 00004	15.40
85	3.874	10.59	0.6640	1.920	0.08393	0.00011	17.14
80	3.915	11.19	0.7392	4.097	0.1998	0.00031	20.04
75	3.958	11.81	0.8228	8.743	0.4749	0.00092	25.81
70	4.000	12.48	0.9159	18.66	1.129	0.00270	37.18
65	4.043	13.17	1.019	39.81	2.689	0.00795	60.74
60	4.087	13.91	1.135	84.80	6.381	0.02340	110.3
55	4.131	14.69	1.263	181.3	15.18	0.06886	217.2
50	4.175	15.51	1.406	386.8	36.08	0.2026	444.2
45	4.220	16.38	1.565	825.5	85.81	0.5963	934.1
40	4.266	17.30	1.742	1761	204.0	1.755	1991
35	4.312	18.26	1.941	3759	485.1	5.165	4274
30	4.358	19.29	2.159	8020	1153	15.20	9215
25	4.405	20.37	2.403	17116	2742	44.73	19930
20	4.453	21.50	2.675	36525	6521	131.6	43206

A l'aide de la table relative à la somme

$$\Sigma\gamma_k\ \lambda_k\ e^{-b_k h}$$

nous avons ensuite calculé $\frac{J}{J_0}$ pour une série de valeurs du facteur $\frac{a}{\cos\theta}$.

[1] Ces nombres sont proportionnels aux nombres de M. Wegener donnant la constitution de l'air à différentes altitudes. J'ai ainsi, comme vérification, retrouvé à peu près les mêmes chiffres que cet auteur.

On voit les résultats sur la planche V et, à côté, les courbes correspondantes, en omettant le gaz hypothétique Geocoronium.

Comme comparaison, nous avons aussi reproduit les courbes d'absorption calculées par Lenard et la figure représentant la composition de l'air à différentes altitudes, d'après M. Wegener.

Si l'on choisit cos θ = 1, c'est-à-dire θ = 0°, alors

$$\frac{a}{\cos \theta} = a$$

et les courbes deviennent les courbes d'absorption pour les espèces suivantes de rayons[1] :

a	$\frac{\alpha}{\delta}$	Vitesse en cm.	$H_0\rho_0$	Espèce de rayons
2.088	1615	$1,11.10^{10}$	680 env.	Rayons cathodiques[2].
1.269	981.6	$1,355.10^{10}$	870 »	
0.657	507.9	$1,42.10^{10}$	920 »	
0.304	234.9	$1,51.10^{10}$	1030 »	
0.0670	51.8	?		Rayons β du Thorium A.
0.0259	20.0	$2,31.10^{10}$	2178	» Radium E_2
0.0175	13.5	?		» Actinium.
0.0102	7.92	$2,76.10^{10}$ (?)	4114	» Uranium X.
0.0065	5.0	$2,83.10^{10}$ (?)	5000	» Radium C.
0.0011	0.87	?	?	

La dernière valeur de 0,0011 est celle indiquée par M. Lenard pour les corpuscules causant les aurores boréales descendant jusqu'à 40 km. au-dessus de la surface de la terre.

On voit en regardant les courbes d'absorption que, comme M. Lenard l'a déjà fait voir, les rayons cathodiques sont arrêtés dans l'atmosphère hydrogène au-dessus de 100 km. tandis que les rayons β pénètrent dans l'atmosphère azote et seront arrêtés à des

[1] Voir A. Becker. Ueber die Abhängigkeit der Kathodenstrahlabsorption von der Strahlgeschwindigkeit. *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften* 1910.

[2] $H_0\rho_0$ calculé d'après la formule

$$H_0\rho_0 = \frac{m_0 c}{e} \cdot \frac{v}{\sqrt{c^2 - v^2}}, \text{ où } \frac{e}{m_0} = 1,753.10^7,\ c = 3.10^{10}$$

et où v est la vitesse indiquée.

altitudes de 50 à 70 km., valeur généralement trouvée pour le bord inférieur des draperies d'aurore.

Enfin, comme M. Lenard l'a démontré, la limite inférieure d'altitude d'environ 40 km., résultant de mes mesures à Bossekop, indique une sorte de rayons encore plus pénétrables que les rayons β connus jusqu'ici.

Il serait très désirable de pouvoir faire une pareille recherche pour l'absorption des rayons α, constitués par des corpuscules positifs. On trouve une première ébauche de cette recherche dans le mémoire de M. Vegard : *On the Properties of the radiation producing Aurora borealis*[1]. Son résultat est le suivant :

« En supposant la constitution de l'atmosphère conforme aux idées de M. Wegener, sans toutefois admettre l'existence du gaz géocoronium, les rayons α seront absorbés à des altitudes de 400 à 600 km. Pour qu'ils pénètrent jusqu'à 75 km., il faut que leur vitesse soit le double de celle observée pour les rayons α du Radium.

Ce qui est caractéristique cependant, c'est que la luminosité causée par un rayon α *cesse brusquement* dès que la vitesse est réduite à une certaine valeur ; cette circonstance explique, d'après Vegard, le fait que le bord inférieur des draperies d'aurore est si nettement marqué ».

Remarquons que si l'on se contente de cette loi approximative, d'après laquelle les rayons α sont absorbés suivant les mêmes lois que les rayons β (voir E. Ruttherford, *Radioactivity*, seconde édition § 100) et que le rapport $\frac{\alpha}{\delta}$ soit compris entre 350 et 1300 (*l. c.* § 101), les rayons α seront alors, comme les rayons cathodiques, arrêtés dans l'atmosphère hydrogène audessus de 100 km.

[1] *Archiv for Math. og Naturv.*, t. XXXI. Il y a lieu de remarquer *que l'idée de M. Vegard, que les aurores boréales peuvent être causées par des rayons a, n'est pas nouvelle* ; en effet, déjà lors de mon mémoire dans les *Archives* de Genève 1907, j'ai admis l'existence des aurores dues à des rayons *a* (ainsi que celles dues à des corpuscules négatifs).

(A suivre)

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS OXYDANTS

Par **R. CHODAT**

IV. — La crésol-tyrosinase, réactif des peptides, des polypeptides, des protéines et de la protéolyse par les microorganismes

On a déjà décrit plus d'une méthode pour suivre les phases successives de la peptolyse. Les stades albumose, peptones, polypeptides et peptides sont aujourd'hui assez bien caractérisés. On admet le plus souvent que les pepsines amènent la dégradation des matières protéiques jusqu'au stade peptone, les typsines poussent cette action d'hydrolyse plus loin et dans leurs produits de digestion abondent les acides aminés, tant ceux de la série grasse que ceux de la série aromatique. Rappelons ici les travaux importants de Weiss et de Vines [2] sur les peptolyses végétales. Leurs résultats sont sensiblement concordants et tous deux acceptent, sans employer ni les mêmes termes, ni les mêmes méthodes, qu'il y a deux phases importantes dans la peptolyse, la première qui aboutit aux peptones, la seconde qui disloque les peptones en peptides (phase éreptique).

Mais aujourd'hui, après les analyses et les synthèses de Schützenberger et Curtius et surtout d'Emil Fischer et Abderhalden, le problème non seulement de la constitution des matières

[1] Voir I-III, *Archives,* 1907.

[2] F. Weiss, Etudes sur les enzymes proteolytiques de l'orge en germination, *Carlsberg Lab.* 1902 ; 133-285. Vines, Proteases of plants, in *Ann. of Bot.* 1902-1906, etc.

protéiques, mais tout autant celui de leur dégradation se pose, au point de vue chimique, d'une manière plus précise et qui permet d'aborder ces recherches avec le secours d'une théorie dont la justesse sera montrée par les phénomènes qu'elle explique et son insuffisance par ceux qui échappent à sa généralisation.

Par hydrolyse au moyen des acides, les matières protéiques, tant animales que végétales, fournissent[1] :

1° des acides aminés du type glycocolle et ses homologues : alanine, acide amino-valérianique (valine), ac. amino-succinique, leucine (amino-caproïque), etc.

2° des acides aminés dérivés du benzol comme la phénylalanine, l'oxyphénylalanine (tyrosine) ;

3° des acides aminés dérivés du pyrrol comme l'acide pyrrolidine carbonique (proline, oxyproline) ;

4° acides aminés dérivés de l'indol comme l'indolalanine ou tryptophane ;

5° des acides aminés dicarboniques comme l'acide aspartique, l'acide glutamique (souvent remplacés dans la plante par l'amide de l'acide aspartique, l'asparagine) ;

6° des acides diaminés, comme la lysine, l'ornithine, l'arginine ;

7° un acide aminé sulfuré comme la cystine.

Si l'hydrolyse par l'eau et les acides est poussée moins loin, on obtient des corps plus complexes, les polypeptides qui sont d'après les travaux de Fischer et de ses élèves des éthers des peptides simples dont nous avons fait l'énumération (voir Oppenheimer, *Fermente*, III, Ed. p. 150).

Enfin sous le nom de kyrines ou peptones simples, Siegfried a isolé des complexes plus élevés, connus sous le nom de peptones de Siegfried. Mais la différence entre les polypeptides et les kyrines est toute de degré. Cependant la théorie prévoit qu'il peut y avoir une grande variété de ces corps. Aujourd'hui

[1] Voir pour toute cette partie de la biochimie, *Monographs on Biochemistry*, ed. R. A. Plimmer and F. G. Hopkins. — *Die physikalische Chemie der Proteine*, von Brailsford Robertson, Dresden, 1912, et surtout E. Fischer, *Aminosäuren, Polypeptide und Proteïne.*

les termes d'albumoses, corps précipitables par un excès de sulfate d'ammonium, de peptones, corps précipitables par le tanninet l'acide phosphotungstique, au sens historique de ces mots, sont des notions physiologiques à ne retenir que par rapport aux ferments protéolytiques. Ce qui paraît certain c'est que jusqu'au stade peptone inclusivement, il ne se détache pas de peptide simple. Il n'y a donc pas dans les produits de la digestion par la pepsine d'acide aminé simple (Abderhalden).

Nous verrons que la méthode que nous proposons permettra non pas sans doute de déterminer la nature des complexes, mais de déterminer le degré de complexité des produits de la peptolyse.

Les recherches d'Emile Fischer ont rendu très probable la théorie que, dans les matières protéiques, ces acides aminés et leurs amides ou leurs dérivés hydroxylés sont unis en éthers appelés polypeptides, lesquels forment des chaînes de longueur variable selon le nombre des peptides (acides aminés) et d'après le schéma.

$$- CH_2 - NH - CO -$$

C'est ainsi que dans l'organisme animal l'acide benzoïque et le glycocolle s'unissent pour former l'acide hippurique :

$$C_6H_5COOH + CH_2(NH_2)COOH$$
$$C_6H_5.CO - NH.CH_2COOH. + H_2O$$

De ce type sont les di- et les polypeptides obtenus par synthèse comme : le glycylglycine

$$(NH_2.CH_2.CO.NH.CH_2COOH)$$

le glycyl-alanine

$$[NH_2CH_2.CO. - NH.CH.(CH_3)COOH.]$$

le glycyl-tyrosine

$$[CH_2(NH_2)CO.NH.CH(COOH)CH_2.C_6H_4OH]$$

l'aspartyl-alanine

$$\begin{array}{l} CH_3 - CH. - COOH \\ \qquad\quad | \\ \qquad\quad NH\ NH_2 \\ \qquad\quad |\quad\ \ | \\ \qquad\quad CO.CH - CH_2 - COOH. \end{array}$$

Au moyen des méthodes inventées surtout par E. Fischer, on peut obtenir des chaînes de longueur plus ou moins grande. On

distingue alors des di-, des tri-, des penta-, des polypeptides. Un octodecapeptide préparé par Fischer et dont il a établi la constitution est particulièrement intéressant à cause de sa complication qui le rapproche des matières protéiques.

$$C_5H_9.CH(NH_2)CO - (NH.CH_2.CO)_3 - C_4H_9.CH(NH_2)CO. - (NH.CH_2.CO -$$
$$C_4H_9.CH(NH_2).CO - (NH.CH_2.CO)_8 - NH.COOH.$$

Le poids moléculaire de ce composé est de 1212. Or nous savons que, lorsqu'on a pu les purifier suffisamment, le poids moléculaire de plusieurs protéides naturels a été déterminé comme approchant les valeurs 3000-50000, ce qui correspondrait à un peptide formé d'une vingtaine d'acides aminés. Ces peptides compliqués sont précipités de leurs solutions par l'acide phosphotungstique comme les peptones et les acides diaminés, par le tannin, comme les albumines et les peptones, par les solutions saturées d'un sel neutre (sulfate d'ammonium), comme les matières protéiques en fausse solution et leurs albumoses, et fournissent la réaction du biuret caractéristique pour la plupart des matières protéiques. Au point de vue chimique ces polypeptides forment les mêmes dérivés que les acides aminés, c'est-à-dire que leur carboxyle peut être transformé dans l'« acide chloride » et un groupe halogène acyl peut être attaché à leur groupe amino

```
H                 H                 H                 H.
|                 |                 |                 |
CH — NH — CO — CH — NH — CO — CH — NH — CO — CH
|                                                     |
COOH                                                  NH₂
```

Tétrapeptide avec groupe amino (NH_2) et carboxyle (COOH) à l'extrémité de la chaîne.

Beaucoup de polypeptides artificiels sont hydrolysés par les ferments protéolytiques, en particulier la trypsine. Il y a cependant dans cette hydrolyse une spécificité qui dépend de la structure de la molécule ; certains isomères (et ils sont nombreux) étant attaqués, d'autres pas. D'une manière générale, seuls les polypeptides qui contiennent les variétés optiquement actives des peptides telles qu'elles se rencontrent dans les matières protéiques naturelles sont hydrolysés par la trypsine.

La pepsine n'attaque pas les polypeptides peu compliqués.

Seules les chaînes longues comme dans les matières protéiques proprement dites, sont hydrolysées par ce ferment. Il y a très probablement dans le mode d'attache de ces combinaisons une structure adaptée à la pepsine qui est le ferment des polypeptides les plus compliqués. Le fait que les polypeptides artificiels sont attaqués par la trypsine, comme le sont les peptones, parle en faveur de la théorie de la liaison des peptides dans la molécule des matières protéiques, selon le schéma indiqué.

D'autre part, certaines réactions montrent dans les matières protéiques naturelles une constitution qui les rapproche des acides aminés. Comme ces derniers ils réagissent vis-à-vis de l'aldéhyde formique qui les transforme en produits stables[1]. Dans ces conditions l'alcalinité des solutions des matières protéiques diminue, car cette dernière dépend des groupes amino-, lesquels se condensent avec le formaldéhyde pour produire un dérivé méthylénique. On peut par cette méthode déterminer approximativement le nombre des groupes amino et carboxyles libres de la molécule de protéine. Sörensen a montré qu'il devient probable qu'à mesure que l'hydrolyse avance les groupes de polypeptides unis dans la molécule d'albumine sont désarticulés et par conséquent le nombre des groupes amino et carboxyles libérés augmente en proportion. Le pouvoir de fixer l'aldéhyde formique augmente donc proportionnellement. Il y a là une élégante méthode pour suivre graduellement la dislocation des matières protéiques au cours de la peptolyse ; mais ce qui nous intéresse tout autant ici c'est une preuve de l'existence de ces groupes « amino » libres dans la molécule des protéines naturelles.

Mais il est tout aussi probable qu'à la constitution des protéines naturelles prennent part des chaînes fermées d'anhydrides de peptides et dont le type est le dicétopipérazine

$$\left({}_{2}(CH_2(NH_2)COOH - {}_{2}H_2O\right)$$

aussi nommé glycylglycine :

$$\begin{array}{ccc} CH_2 - NH - CO \\ | \qquad\qquad | \\ CO - NH. - CH_2 \end{array}$$

[1] Sörensen. Enzymstudien. *Biochem. Zeitschr.*, 1907, 7, 45.

ou le méthyldictéopipérazine (produit de la condensation de la glycine et de l'alanine) aussi nommé alanylglycine :

$$\begin{array}{lll} CH_2-NH & . & CO \\ | & & | \\ CO - NH & - & CH(CH_3) \end{array}$$

Ces anhydrides, comme aussi le glycyl-l-tyrosine anhydride, ont été obtenus à partir des protéines naturelles et toutes les expériences parlent en faveur de leur présence comme tels dans la molécule complexe de la matière protéique. Ainsi le glycyl-l-tyrosine atteignait jusqu'à 4,2 % des produits de l'hydrolyse de la fibroïne de la soie.

En 1907 [1] nous avons découvert la réaction si caractéristique de la tyrosinase sur les peptides à tyrosine, par exemple sur le tyrosine anhydride, le glycyl-l-tyrosine anhydride et le glycyl-l-tyrosine et montré quel parti on pouvait en tirer pour l'étude de la peptolyse. Nous avons découvert aussi le rôle que peut jouer l'addition d'acides aminés dans cette réaction, puis nous avons étendu cette réaction à des phénols et en particulier au p-crésol, lequel fournit des colorations extrêmement caractéristiques. Notre élève, M. Staub, a développé quelques-unes de ces observations dans une thèse publiée en 1908.

Un peu plus tard (1908) et en prenant comme point de départ nos travaux sur ce sujet, MM. Abderhalden et Guggenheim [2] ont appliqué notre méthode à un plus grand nombre de polypeptides. Ils ont confirmé nos recherches et ajouté plus d'un détail intéressant.

M. G. Bertrand a également, mais postérieurement à nos recherches, étendu quelque peu ces dernières.

Il faut seulement regretter que MM. Abderhalden et Guggenheim aient utilisé pour leurs expériences un matériel impur. La tyrosinase qui servait à leurs études n'était autre chose que l'extrait aqueux du *Russula delica,* champignon que nous leur

[1] R. Chodat, Nouvelles recherches sur les ferments oxydants, *Archives des Sc. phys. et nat.*, IV, t. XXIV, p. 2 (1907). — Chodat et A. Staub, La spécificité de la tyrosinase et son action sur les produits de la dégradation des corps protéiques. *Ibid.*, t. XXIV, 172-194 (1907).

[2] Abderhalden et Guggenheim. *Zeitschr. f. phys. Chemie*, Bd LIV, 1908.

avions fourni en attirant leur attention sur les inconvénients de son emploi.

Ces deux auteurs n'ayant pas tenu compte de notre réserve quant à la pureté du ferment et à l'importance de ce facteur dans l'évaluation des résultats, nous pensons utile de revenir en détail sur ce point.

Le ferment oxydant tyrosinase a été distingué des autres ferments par G. Bertrand [1] qui a reconnu son action spécifique sur la tyrosine. On ne lui connaissait aucune autre action certaine. Nous avons nous même insisté en 1905 sur la spécificité de ce ferment en montrant que le système peroxyde-peroxydase, lequel effectue toutes les réactions connues des laccases, n'a aucune action sur la tyrosine. La tyrosine en solution aqueuse à 1 $^{0}/_{00}$ est un admirable réactif de la tyrosinase, car on ne connaît jusqu'à présent aucun ferment qui aurait une action se traduisant par une coloration de la tyrosine. Plusieurs autres phénols au contraire sont attaqués soit par la laccase, soit par la tyrosinase, ce qui complique la recherche. Mais la tyrosine ne peut indiquer, en cas de réaction positive, que la présence du ferment spécifique, mais elle est incapable de nous informer sur sa pureté.

Ainsi le champignon *Russula delica* contient de la laccase et de la tyrosinase ; son suc ou son extrait contient d'ailleurs d'autres substances qui sont loin d'être inactives comme il est dit plus haut. On ne peut et on ne doit s'en servir que dans le cas de la recherche de la tyrosine, pour toutes les autres réactions c'est un réactif non seulement peu sûr, mais plus qu'équivoque.

C'est pourquoi nous avons proposé de n'utiliser pour les recherches de l'ordre de celles que nous faisons que la tyrosinase du *Solanum tuberosum* [2]. Cette tyrosinase donne des réac-

[1] G. Bertrand, *C. R.*, t. CXXII, p. 1215, 1896 et *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, t. XV, p. 793 et 1218, 1896. — R. Chodat, Les ferments oxydants. *Journ. suisse de chimie et pharmacie*, 1905, p. 9 et 10.

[2] Voir aussi R. Chodat, Darstellung von Oxydasen und Katalasen tierischer und pflanzlicher Herkunft. Methoden ihrer Anwendung in Abderhalden. *Handbuch der Biochemischen Methoden,* Berlin, 1910, III, p. 57.

tions d'une grande netteté et c'est celle qui a servi à toutes nos expériences. On la prépare d'après la méthode suivante :

On prend 6 k. 400 de pelures de pommes de terre qui viennent d'être coupées (hôpitaux, hôtels, etc.), on les broie à la machine, la pâte est mise en présence de 2 l. d'alcool à 95° pendant 24 heures, puis on presse, ce qui donne 5300 gr. d'un liquide brun qu'on fait couler dans 6 l. ½ d'alcool à 95°. Il se fait un précipité assez abondant lequel est récolté sur un filtre à plis après décantation du liquide brun. On laisse égouter le filtre pendant quelques heures et avant que la dessication ne commence on racle le précipité de dessus le filtre et on le broie très également dans un mortier avec 300 gr. d'eau distillée. On laisse macérer pendant 1 heure, puis on verse sur un filtre soigneusement plissé. On obtient dans ces conditions 285 cm. de liquide auquel on ajoute trois fois son volume d'alcool. On agite avec une baguette de verre, on laisse se déposer le précipité blanc, on décante avec soin les $^9/_{10}$ du liquide et le reste est versé dans un vase conique à pied, on décante et on remplace plusieurs fois l'alcool ; finalement on verse le précipité sur un petit filtre et lorsque la majeure partie du liquide clair a passé on racle le précipité qu'on met sécher dans un exsiccateur. Le rendement est de 2 gr. 30 ctgr. soit 0,036 %.

Ce résultat peut paraître décourageant. Mais quand on saura que la valeur de ce ferment est considérable et qu'un cm³ d'une solution à 0,25 % de ferment est suffisant pour tous les essais, la quantité de 2, 3 gr. paraîtra énorme. Nous avons plusieurs fois répété cette préparation et toujours avec le même succès. La poudre obtenue est brune ; elle se dissout très facilement dans l'eau en donnant un liquide jaune un peu opalescent. Lorsqu'on l'a dilué avec les solutions sur lesquelles il doit agir, le tout est très faiblement coloré et cela n'a aucun inconvénient, car les colorations produites par les réactifs sont très nettes et très fortes. A l'air sec du laboratoire et sans aucune précaution spéciale, sinon de le tenir à l'abri de la lumière, le ferment a gardé toute sa force depuis 1908, c'est-à-dire plus de trois ans. Je pense que dans ces conditions il la garderait indéfiniment. J'ai, en effet, des préparations de tyrosinase, extraites des champignons, qui depuis huit ans sont restées inaltérées.

Le ferment qui a servi aux expériences dont il va être question a toujours été de même provenance, lorsque le contraire n'a pas été indiqué. Les résultats obtenus ne peuvent donc avoir été altérés par une variabilité dans la composition du ferment. On a toujours préparé la solution de ce dernier au moment de faire l'expérience.

Rappelons rapidement les conditions dans lesquelles la tyrosinase peut agir : 1° La tyrosinase n'agit bien qu'en solution neutre; elle supporte très mal l'acidité. 2. Elle est détruite vers 65°. — Toutes nos expériences sont faites en milieu neutre et à 18°.

Action de la tyrosinase purifiée sur le p-crésol pur et en présence des acides aminés.

La tyrosinase en question rougit rapidement une solution de tyrosine, le liquide devient violet gris et, finalement, il se dépose une substance brun-noire à laquelle on a donné le nom de mélanine.

Nous avions trouvé que la tyrosinase de Solanum a une action très marquée sur le p-crésol. Ce dernier phénol prend une coloration jaune qui passe finalement, si la solution de ferment est suffisamment concentrée, au jaune orangé (24 heures). On peut se servir pour ces réactions de solutions de p-crésol au 1 °/₀₀. Mais nous avons trouvé pour ces recherches préférable d'utiliser une solution à $^{1}/_{250}$. Lorsqu'on la dilue d'un même volume de solution de ferment ou d'une substance à analyser et qu'on l'additionne de deux fois son volume d'eau ou d'un réactif quelconque, comme cela sera indiqué plus haut, la concentration n'est plus que de 1 °/₀₀, ce qui est une concentration tout à fait convenable d'après notre expérience déjà longue sur ce sujet.

D'ailleurs, quelle qu'ait été la solution de p-crésol ou la concentration de la tyrosinase du Solanum, jamais nous n'avons obtenu, en présence du p-crésol, d'autre coloration que jaune et jaune d'or, finalement jaune-orangé. En partant, au contraire, des solutions de tyrosinase non purifiées, telles que celles extraites du *Russula delica*, la coloration vire rapidement au

rouge cerise et se maintient telle. Mais en purifiant la tyrosinase des champignons, par exemple celle du *Lactarius vellereus*, on obtient également un produit qui ne rougit pas le p-crésol, mais qui lui confère au bout de quelques heures une teinte jaune-abricot.

Une des difficulté à se servir des tyrosinases des champignons, c'est qu'il est malaisé de les séparer de la laccase qui les accompagne. Nous avons montré avec Zahorski qu'on peut dans ce cas favoriser l'action laccase en acidifiant légèrement, ou favoriser au contraire l'action tyrosinase en neutralisant au bicarbonate de soude. Depuis lors nous avons fait la remarque qu'une oxydase extraite de *Lactarius* et parfaitement blanche, conservée depuis plus de huit ans, avait tout à fait perdu sa laccase, mais avait conservé sa tyrosinase. Il semble donc que la durée de cette dernière est plus prolongée ; elle est moins sensible aux modifications amenées par le temps. On sait, au contraire, que vis-à-vis de la température la laccase se montre moins sensible, et G. Bertrand nous a montré là un moyen de séparer les deux ferments. En élevant la température, la tyrosinase est détruite, la laccase persiste.

Mais il importe d'insister sur ce fait que la tyrosinase de Lactarius, qui a persisté après la disparition de la laccase par l'action du temps, a tout à fait les propriétés de la tyrosinase de Solanum : elle ne rougit pas le p-crésol.

A quoi est dû le rougissement du p-crésol par la tyrosinase impure? Nous avons trouvé que cela tient au fait que cette tyrosinase est souillée par la présence d'acides aminés, lesquels donnent cette réaction quand on les ajoute à de la tyrosinase pure.

Prenons, en effet, 1 cm^3 de solution p-crésol, 1 cm^3 de tyrosinase, 1 cm^3 de glycocolle (solution équimoléculaire rapportée à $^1/_{260}$ de p-crésol), le rougissement apparaît au bout de 5-10 minutes et le liquide, au bout d'une heure, est d'un rouge cerise intense. Les autres acides aminés se comportent d'une manière analogue [1].

Au cours de nos recherches, nous avons fait la remarque que

[1] Chodat, *loc. cit.*

cette couleur rouge passait souvent avec le temps au violet, puis finalement au bleu foncé et fournissait un pigment superbe avec dichroïsme intense rouge fuchsine.

Cette seconde réaction ne se fait cependant pas toujours; il faut souvent attendre longtemps. Nous nous sommes alors efforcés de rechercher la cause de cette diversité. C'est alors que nous avons reconnu que l'acide aminé doit être en *proportion suffisante* pour que le virage se fasse.

Si dans cette réaction, rougissement puis inversion au bleu, le glycocolle ou tout autre acide aminé, mis à sa place, agissait comme un catalyseur, il est très probable que la quantité de glycocolle nécessaire serait de beaucoup inférieure à celle du p-crésol employé. Si, au contraire, il faut une quantité déterminée par molécules, il devient improbable que le glycocolle agisse comme catalyseur; il prend part à la réaction d'une manière définitive.

N.B. — Dans toutes les expériences qui suivent, les chiffres indiquent des volumes exprimes en cm^3. La solution de p-crésol est au $^1/_{250}$ et les autres en $^0/_0$ équimoléculaire.

Exp. 1.	A	B	C
Glycocolle...	1	1	1
p-Crésol.....	1	2	3
Eau	2	1	0
Ferment.....	1	1	1

Résultat : A rougit vite et très fort, B deux fois moins vite, C deux fois moins vite que B. Il devient donc très improbable que l'action du glycocolle soit une action catalytique, car dans le premier essai il y avait déjà une molécule de glycocolle pour une molécule de p-crésol. Seize heures après, A est plus rouge que les deux autres, mais ni les uns ni les autres ne tournent au violet, même après plusieurs jours (en présence d'un antiseptique comme le chloroforme ou le toluol).

Exp. 2	A	B	C	D	E
Glycocolle...	1	2	3	4	5
p-Crésol.....	1	1	1	1	1
Eau	4	3	2	1	0
Ferment.....	1	1	1	1	1

Résultat : Tous rougissent, mais le premier qui rougit visiblement est D, puis C, puis E. Il semble donc qu'un excès de glycocolle ait un effet retardateur. Bientôt la différence entre D et E est faible, mais A et B tardent à rougir et ne le font qu'à des temps très distincts. — Quatre heures plus tard, le virage du rouge au bleu se fait dans les essais D et E. C reste très rouge, neuf heures et demie plus tard (c'est-à-dire depuis le commencement de l'expérience). A est rouge, B rouge pourpre-violet, C plus violet, D violet foncé, E violet noir.

Après 24 heures, A est rouge vif, B rouge vineux, C violet teinte neutre, D bleu roi avec dichroïsme rouge caractéristique E idem ; finalement B—C bleuissent.

Exp. 3	A	B	C	D	E
Glycocolle ...	1	0,8	0,6	0,4	0,2
p-Crésol	1	1	1	1	1
Eau.........	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Ferment.....	1	1	1	1	1

Résultat : A rougit avant tous les autres, même après quatre heures il y a encore une gradation évidente. Aucun ne tend à bleuir. — Le lendemain (24 heures) tous sont rouges, il y a encore nne gradation évidente très visible. *Aucun ne bleuit !*

Exp. 4	A	B	C	D	E
Glycocolle $^1/_{100}$.	0,2	0,4	0,6	0,8	1
p-Crésol $^1/_{250}$...	3	3	3	3	3
Eau	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Ferment.......	1	1	1	1	1

Résultat : 24 heures après, A est rouge foncé, B rouge violacé, C violet noir, D violet avec dichroïsme rouge. — 48 h. après, la coloration bleue n'est pas encore apparue.

Exp. 5	A	B	C	D	E
Glycocolle $^1/_{50}$.	0,2	0,4	0,6	0,8	1
p-Crésol $^1/_{250}$ ..	1	1	1	1	1
Eau	0,8	0,6	0,4	0,2	0
Ferment.......	1	1	1	1	1

Résultat : 24 h. après, A est rouge foncé, B violet bistre, C encre violette, D ardoise foncée avec dichroïsme rouge.

Toutes ces expériences montrent que si l'on n'ajoute pas une quantité de glycocolle au moins 2—4 fois plus forte que celle du p-crésol, il n'y a pas virage rapide au bleu, quelle que soit d'ailleurs la concentration. Dans ces conditions, il n'y a pas lieu de penser que l'acide aminé agisse comme catalyseur!

Comment agit-il? Prend-il part à la réaction déclenché par le ferment ou ne prend-il part à la réaction que secondairement? Pour résoudre cette question, nous avons procédé comme suit:

Exp. 6. — On fait l'expérience n° 2, mais en supprimant le glycocolle; lorsque le jaunissement du p-crésol est bien avancé (jaune d'or) après deux heures et demie ou quatre heures, on fait bouillir pour détruire le ferment, puis on ajoute les quantités indiquées de glycocolle. Aucun rougissement n'apparaît.

Conclusion: Le glycocolle prend part à la réaction mise en train par le ferment, il entre en jeu dès le début et la fermentation est une fermentation du p-crésol et des acides aminés.

Autres acides aminés que le glycocolle.

Nous avons en outre expérimenté à partir des acides aminés naturels, l'alanine. la leucine, la phénylalanine et l'oxyphénylalanine, en établissant des solutions équimoléculaires calculées en raison de $^1/_{250}$ de p-crésol.

Exp. 7	Acides aminés	p-Crésol	Ferment
Glycocolle.....	2	1	1
Alanine.......	2	1	1
Leucine.......	2	1	1
Phénylalanine..	2	1	1

Résultat : Le rougissement commence par l'alanine qui réagit presque immédiatement, puis la leucine dont l'action est beaucoup plus forte que celle du glycocolle. Mais les couleurs ne sont pas identiques. Avec l'alanine la couleur est rouge oignon, plus tard rouge congo sans teinte violacée ; le glycocolle donne un rouge violacé framboise, la leucine un rouge vif. — Après 24 heures, le glycocolle est bleu caractéristique, avec dichroïsme rouge, la leucine, bleu indigo violet avec

dichroïsme, phénylalanine violet foncé. — Finalement leucine, glycocolle et phénylalanine produisent tous une teinte bleu foncé avec dichroïsme rouge fuchsine intense. Seule l'alanine fait exception ; après plusieurs jours (aseptique) la teinte rouge persiste sans la moindre variation ; il n'y a donc aucune tendance à bleuir quand il s'agit de l'alanine.

Exp. 8. — Même expérience que 7 ; on a ajouté à la liste des acides aminés l'asparagine, l'amide de l'acide aspartique. Mêmes résultats ; l'asparagine fournit un liquide très foncé du même type que le glycocolle, alors que la phénylalanine donne une réaction plus violacée.

Exp. 9. — Id. mais il y a deux concentrations différentes d'alanine ; on a doublé l'alanine dans un des tubes.

Au début : le glycocolle, rose framboise ; asparagine, jaune d'or ; leucine, rose jaune ; alanine (1), rose jaune ; alanine (2), rose jaune ; phénylalanine, framboise. — 9 heures après : g., violet ; asp., brun violet ; l., brun rouge ; al. 1 et 2, rouge ; ph. al., vineux. — 24 heures après : g., bleu caractéristique avec dichroïsme ; asp., comme g. ; l., violet ; al. 1 et 2, rouge ; ph. al., violet noir. — Après 48 heures : tous, *sauf alanine*, ont passé au bleu. Mais la teinte n'est pas égale, cependant tous montrent un dichroïsme rouge intense caractéristique.

Ex. 10. — Dans cette expérience, on a voulu voir comment se comportait l'oxyphénylalanine, c'est-à-dire la tyrosine naturelle qui, on le sait, est directement attaqué par la tyrosinase, tandis que la phénylalanine reste inactive. Le premier essai a été de comparer la vitesse d'action du ferment, en présence de solution à 1 ‰ de p-crésol et de tyrosine. En présence de glycocolle, le p-crésol, à même concentration, rougit beaucoup plus vite que la tyrosine. Il y avait donc lieu de supposer que, si les deux se trouvent en mélange, la réaction se fera de préférence sur le p-crésol. D'ailleurs l'addition d'un acide aminé à la tyrosine non seulement n'accélère pas la réaction, mais la retarde un peu. En outre, on n'observe aucun changement de coloration lorsqu'on ajoute l'acide aminé ou non.

Comme on ne peut utiliser des solutions de tyrosine à 1/2500, ni des solutions équivalentes à cette concentration de p-crésol,

puisque la tyrosine ne se dissout que 1 °/oo, ou un peu plus, nous avons utilisé des solutions saturées de tyrosine.

	A	B	C	D
p-Crésol....	1	1	0	1
Glycocolle..	2	4	0	0
Tyrosine....	2	0	4	4
Ferment ...	1	1	1	1

La réaction est beaucoup plus faible dans C.

5 heures après : B est violet ; A rouge, légèrement violet ; C brunit et D est rouge, plus foncé que A. Déjà 3 heures après on remarquait que A et D étaient beaucoup plus rouges que B (glycocolle seule). — 10 heures après : B, bleu caractéristique ; C. violet noir caractéristique pour la tyrosine (mélanine) ; D. rouge vif. — Finalement, 48 heures après, A est devenu d'un bleu caractéristique avec dichroïsme rouge ; D, violet puis bleu, *mais sans dichroïsme particulier*.

Si on compare C et D (tyrosine sans crésol et tyrosine + p-crésol), on voit que le rougissement est déjà manifeste après 15′ d'expérience, tandis que C ne rougit qu'au bout de 30′, et dans d'autres expériences le rougissement tarde encore plus longtemps à se faire. Résultat : dans l'action de la tyrosinase sur le p-crésol, l'addition de la tyrosine n'agit que comme celle d'un acide aminé quelconque et ne dévie pas la réaction dans le sens de la tyrosine considérée séparément. Dans l'expérience 10 A, on voit que l'addition de tyrosine retarde le bleuissement, mais, d'autre part, lors même que la tyrosine est à une concentration plus faible que le glycocolle, le rougissement initial est beaucoup plus rapide et plus intense.

Exp. 11. — On a voulu voir, par cet essai, dans quelle mesure l'addition d'un acide aminé, comme l'alanine, qui ne se produit pas à lui seul, le bleuissement du p-crésol viendrait s'opposer à cette inversion de couleur par le glycocolle.

	A	B
Glycocolle....	2	4
Alanine	2	0
p-Crésol......	1	1
Ferment	1	1

C'est A qui rougit le premier ; nous avons d'ailleurs vu plus haut que le rougissement est, toutes choses égales d'ailleurs, plus rapide par l'alanine que par le glycocolle. Plus tard on voit que la couleur rouge, avec l'alanine, (A) est beaucoup plus forte. 6 heures après le liquide vire au violet dans B. Mais A reste encore rouge. — 11 heures après B est vert bleu avec dichroïsme rouge, A est violet rouge. — 24 heures après les deux sont bleus, mais B paraît plus clair que A.

On en tire comme conclusion que l'alanine, à cette concentration déjà élevée, retarde mais n'empêche pas le bleuissement par le glycocolle.

Exp. 12. — Nous avons voulu essayer d'un acide aminé qu'on n'a pas signalé parmi les produits de l'hydrolyse des matières protéiques : le phénylglycocolle. Cette combinaison, le phényl acide aminoacétique, nous a été fournie par Kahlbaum avec la formule $C_6H_5CH(NH_2)COOH$.

	A	B
p-Crésol..........	1	1
Phénylglycocolle ..	2	0
Glycocolle........	0	2
Ferment..........	1	1

A rougit fortement bien avant B. — 12 heures après B a bleui, tandis que A est rouge, légèrement violacé. Il faut plusieurs jours pour que la teinte passe au bleu, et encore cela n'est-il pas toujours caractéristique. Cependant le dichroïsme apparaît aussi.

La conclusion de toutes ces expériences, c'est que tous les acides aminés étudiés : glycocolle, leucine, tyrosine, phénylalanine et phénylglycocolle se comportent de même : en présence de la tyrosinase et du p-crésol, ils donnent naissance à une coloration rouge, qui passe plus ou moins rapidement, selon les acides aminés, à une coloration bleue, laquelle, sauf dans le cas de la tyrosine, est fortement dichroïque. C'est avec le phénylglycocolle que le changement de couleur est le plus lent à venir. L'alanine fait exception à la règle générale.

On peut se demander, à bon droit, ce qui détermine cette

exception à la règle. Examinons tout d'abord le cas de l'alanine. On sait qu'à part le glycocolle, les acides aminés ont un carbone asymétrique. Il existe donc deux isomères de chacun de ces acides aminés : d. et l. Les acides aminés naturels tels que la phénylalanine, la tyrosine, la leucine sont l., l'alanine seule parmi ceux étudiés par nous est d., tandis que la phénylalanine est l. Il conviendrait donc de rechercher s'il s'agit d'une remarquable spécificité du ferment qui, semble-t-il, ne produirait de coloration bleue que si l'acide aminé est l? D'ailleurs la présence de l'alanine d. n'empêche pas cette réaction lorsqu'un autre acide aminé est en quantité suffisante [1].

Quant à ce qui est du phénylglycocolle, qui est un corps racémique, on voit que l'inversion au bleu tarde à venir, et que la coloration reste intermédiaire, telle qu'elle serait dans un mélange de l. et de d ?

Exp. 13. — Il nous restait à examiner quelle serait l'action d'un dipeptide comme le glycl-l-tyrosine. La théorie nous disait qu'un corps de ce genre se comporterait comme un acide aminé. En effet la formule du dipeptide étant

$$CH_2(NH_2).CO.NH.CH < {COOH \atop CH_2.C_6H_4OH}$$

les groupes NH_2 et COOH sont encore présents mais ne sont pas contigus. Nous avons montré, d'autre part, que la tyrosinase a sur ce corps une action caractéristique dont nous reparlerons plus loin. Pour le moment nous ne voulons nous occuper que de sa fonction amino-acide.

Exp. 14. — Nous avons fait deux expériences : la première avec le ferment concentré. Le résultat était que le rougissement a lieu, moins vite il est vrai, qu'avec la phénylglycine, mais la couleur rouge cerise se maintient plus longtemps et passe finalement au violet ou au bleu, comme cela a lieu pour la phényl-glycine.

[1] Nous reviendrons sur ce sujet des isomères dans notre prochain travail.

Action de la tyrosinase sur les polypeptides seuls ou en présence du p-crésol

Nous avons le premier montré que la tyrosinase a une action bien caractérisée sur les peptides à tyrosine : tyrosine anhydrine, glycyl-l-tyrosine anhydride. De ces expériences nous ne voulons tout d'abord retenir que les nouvelles, celles relatives au glycyl-l-tyrosine. Nos nouvelles expériences ont été faites avec une tyrosinase de champignons dépourvue de laccase (0,05 tyrosinase, 10 cm^3. aq. dest.). Toutes les solutions employées étaient à 1 °/oo.

En l'absence de glycocolle, le glycyl-l-tyrosine donne, avec la tyrosinase, une coloration rose (rose madder des aquarellistes), alors que la tyrosine, dans ces mêmes conditions, fournit un rose plus foncé bistré (1 h.) ; au bout de 18 heures, le glycyl-l-tyrosine est encore rose, tandis que la tyrosine est brun violacé. — 28 heures. Glycyl-l-tyrosine, rose madder ; tyrosine, brun violacé. — 36 heures. Glycyl-l-tyrosine, violacé qui passe au bleu ; tyrosine, noir violacé.

En présence du glycocolle, la teinte au début est la même que sans glycocolle, mais cet acide aminé a un léger effet retardateur ; 18 heures après, vert émeraude avec surface rose ; 28 heures après, vert émeraude : 36 heures après, vert émeraude plus bleu. Jamais on n'obtient ces teintes dans la réaction par le crésol en présence d'acides aminés.

J'ai alors essayé l'action de concentrations diverses de glycocolle et de tyrosinase.

Exp. 15	A	B	C	D
Glycocolle (5 °/oo)....	0	1	0,5	0,25
Glycyl-l-tyrosine....	1	1	1	1
Tyrosinase..........	0,5	0,5	0,5	0,5

Résultat : il y a ralentissement avec augmentation de la quantité de glycocolle. Au début il y a rougissement rapide, le maximum étant dans C. Au bout d'une heure, D est encore rouge, tandis que B et C sont devenus abricot.

Il faut remarquer, en effet, que la succession des teintes

est : rouge, rose, abricot, verdâtre, olive, émeraude, émeraude bleuâtre. Cette succession est caractéristique pour ce dipeptide.

Exp. 16	E	F	G	H
Glycocolle	0	0.25	0,5	1
Glycyl-l-tyrosine	1	1	1	1
Tyrosinase	0,1	0,25	0,5	1

E reste rose ; F pâlit ; G verdit fortement ; H encore plus fortement. H n'a jamais été franchement rouge, mais la teinte olive s'est manifestée dès le début.

Exp. 17. — Dans un second essai identique : au bout d'une heure. I. A, rouge ± violacé abricot ; B, olive pâle ; C olive bleu vert ; D, id. mais plus foncé. — 3 h. après, A., bleu indigo ; B, bleu vert ; C, bleu (vert) de prusse ; D, id., plus foncé.

II. Au bout d'une heure. E, rouge ± jaune abricot ; F, émeraude ; G., encore plus vert émeraude ; H, émeraude vert. — 3 heures. E, bleu pâle gris noir ; F, bleu vert gris ; G, id. : H, plus vert. On remarque que dans tous il y a un passage du rouge abricot à l'olive, puis au vert émeraude.

Nous avons également étudié l'action de la tyrosinase sur d'autres peptides à tyrosine, en particulier le tyrosine-anhydride et le glycyl-tyrosine anhydride, les résultats ont été en tous points comparables aux essais précédents faits avec le glycyl-l. tyrosine anhydride, et ceci soit en présence de leucine, soit en présence d'alanine ou de phénylalanine, mais quand on n'emploie pas de glycocolle la teinte est plus lente à venir ou s'arrête à la teinte olive[1]. Abderhalden[2] a en outre essayé avec notre réactif l'ananyl-glycyl-tyrosine (rouge rose puis rouge foncé), le leucyl-glycyl-l-tyrosine (brun bismark), le leucyl-tryglycyl-l. tyrosine (brun bismark), tétrapeptide de soie (1 l. tyrosine, 1 d. alanine et glycocolle) (brun

[1] R. Chodat. Nouvelles recherches sur les ferments oxydants, *loc. cit.* (R. Chodat et A. Staub).

[2] Abderhalden et Guggenheim. Versuche über die Wirkung der Tyrosinase aus Russula delica auf Tyrosine, tyrosinhaltige Polypeptide und einige andere Verbindungen, in Hoppe-Seiler, *Zeitschr. f. Phys. Chemie*, Band 54, Heft 4, 1908.

rouge), tandis que les polypeptides halogène-acyl, par exemple chloracétyl-l. tyrosine, d. bromisocapronyltriglycine-l. tyrosine, etc., ne donnent point de réaction. Mais il faut faire toutes réserves sur les teintes indiquées par Abderhalden, car le ferment employé n'était pas pur et les résultats montrent seulement que ces polypeptides réagissent vis-à-vis de notre réactif.

Déjà dans nos premières recherches nous avons établi que la tyrosinase devenait ainsi un précieux moyen de suivre pas à pas la peptolyse. Nous montrions que les résultats auxquels était arrivé M. Harlay[1] s'expliquent par notre théorie et nos observations sur les peptides à tyrosine. Il faut cependant retenir ceci que dans ces recherches sur les polypeptides à tyrosine, jamais nous n'avons obtenu de résultats comparables comme intensité à ceux obtenus à partir du p-crésol. Avec ce dernier corps la teinte bleue, à même concentration, est excessivement forte, beaucoup plus forte qu'avec un polypeptide à tyrosine. En outre jamais on n'obtient un bleu doué d'un dichroïsme remarquable comme cela est le cas pour le réactif Tyrosinase-Crésol, acide aminé.

Dans ces conditions, on peut avec certaines certaines précautions déceler au cours d'une peptolyse *peptique,* l'apparition de peptides à tyrosine. Plus tard lorsque par une éreptase la tyrosine a été détachée, cette dernière sera reconnue par la teinte rouge puis noir violacé ou brun violacé que prendra le liquide de peptolyse. Grâce à cette méthode nous pouvons déceler la tyrosine dans les produits de peptolyse avant qu'elle ne se soit détachée du polypeptide[2].

Mais comme nous savons qu'au stade tryptique les polypeptides sont hydrolysés en peptides simples comme tyrosine, proline, tryptophane, glycocolle, alanine, leucine, valine, serine, cystine, il ne sera pas difficile de mettre en évidence l'apparition de ces acides aminés. Nous avons montré en effet qu'ils

[1] Harlay, De l'application de la tyrosinase, ferment oxydant du *Russula delica* à l'étude des ferments protéolytiques. Paris 1900, *Thèse de l'Ecole de Pharmacie.*

[2] Chodat, Nouvelles recherches. *Archives,* août 1907, p. 178 et 369.

fournissent tous en présence du p-crésol et de la tyrosinase une suite de colorations qui vont du rouge au bleu avec dichroïsme rouge intense. J'ai montré que la présence de cet acide aminé, le d-alanine qui ne donne pas une coloration bleue, n'empêche cependant pas l'apparition de cette teinte si d'autres acides aminés sont présents, ce qui est toujours le cas dans la peptolyse tryptique. Enfin la tyrosine elle-même, dans cette réaction, se comporte comme un acide aminé ordinaire, sauf absence de dichroïsme dans le crésol-azur. On pourra donc toujours mettre en évidence les acides aminés ou les peptides qui apparaissent au cours d'une peptolyse profonde. La réaction sera proportionnée à la concentration des acides aminés. Comme la réaction tyrosinase amino-crésol se passe même à des dilutions excessives, 1 °/oo 1 °/ooo, elle est bien appropriée à la recherche de corps qui, au début de leur formation, ne se sont pas encore accumulés dans le produit de la digestion.

Nous pouvons maintenant passer à une autre question.

Comment se comportent maintenant dans cette réaction les autres produits de la peptolyse, les polypeptides et les anhydrides de ces peptides ?

Nous n'avions malheureusement à notre disposition que le glycyl-l-tyrosine, d'une part, et le glycyl-glycine d'autre part.

Le résultat a été le suivant : avec le glycyl-l-tyrosine le rougissement du p-crésol sous l'influence de la tyrosinase se continue pendant longtemps, mais aboutit cependant à une inversion vers le bleu. Le liquide reste rouge pendant longtemps, mais passe ensuite au bleu. Et cependant un mélange de glycocolle et de tyrosine donne plus rapidement une coloration bleue intense. Or comme il est certain que ce corps apparaît déjà au stade peptique et qu'il est seulement décomposé au stade tryptique (Abderhalden et Rona ont étudié soigneusement cette hydrolyse par la trypsine ; elle ne se fait pas par la pepsine !), et que cet acide aminé, le glycyl-l-tyrosine, bleuit le mélange p-crésol, tyrosinase, il devient excessivement probable que la plupart des polypeptides qui ont leurs groupes NH_2 et COOH séparés par une ou plusieurs chaînes de peptides se comporteront de même.

D'autre part comment se comportera un dipeptide sous sa

forme piperazine, c'est-à-dire sous la forme d'anhydride cyclique tel que le dicétopiperazine ou glycyl-glycine anhydride

$$\begin{array}{l} CH_2.NH.CO \\ | \qquad\quad | \\ CO.NH.CH_2 \end{array} = 2CH_2(NH_2)COOH - H_2O.$$

Nous avons répété souvent cette expérience et toujours avec le même résultat

	A	B	C
Glycyl-anhydride..	2	0	0
Glycocolle........	0	2	0
p-Crésol..........	1	1	1
Ferment..........	1	1	1

Alors que dans l'expérience-contrôle la couleur d'abord rose passe au violet puis au bleu roi avec intense dichroïsme rouge, l'addition de glycyl-anhydride ne produit aucun rougissement, le liquide reste jaune comme dans C., c'est-à-dire comme lorsque le p-crésol est seul. Cependant la teinte est finalement plus foncée comme si l'addition du glycyl-anhydride renforçait l'action du ferment.

De ceci on peut conclure que sous leur forme anhydride les polypeptides ne produisent pas la réaction caractéristique des acides aminés ou la produisent incomplètement et qu'ils diffèrent donc du tout au tout des peptides à chaîne ouverte. Mais il ne faut pas oublier que cet anhydride renforce l'action de la tyrosinase sur le p-crésol[1].

[1] Rappelons que les anhydrides à tyrosine comme le tyrosine-anhydride et le glycyl-tyrosine-anhydride réagissent vis-à-vis de la tyrosinase comme le glycyl-tyrosine. Ceci peut s'expliquer parce que la structure de la tyrosine qui est une para-oxyphényl-alanine est très analogue à celle du p-crésol (p-oxy-méthyl-benzol). D'autre part le fait que le produit d'oxydation, soit du glycyl-l-tyrosine, soit du tyrosine-anhydride est non seulement très analogue à celui du p-crésol, en présence d'acides aminés, semble montrer que dans ce dernier cas il s'agit d'une réaction dans laquelle l'acide aminé s'unit au p-crésol d'une manière analogue à l'union des peptides dans les polypeptides et dans leurs anhydrides. Il devient dès lors probable que dans cette oxydation il se fait une espèce d'azine avec élimination d'eau.

Nous appellerons, sur le conseil de M. le Dr F. Reverdin, spécialiste bien connu en matières colorantes, *crésol-azur* le bleu dichroïque que le p-crésol donne dans les réactions indiquées.

Le crésol-tyrosinase et les protéines

Comme nous le disions au début, les recherches d'E. Fischer, et d'autres ont montré, ou mieux dit, rendu vraisemblable que les matières protéïques sont construites sur le type des chaînes — CH_2 — NH — CO —, la plupart des carboxyles étant saturés et les groupes NH_2 remplacés par le groupe imide. Dans cette molécule compliquée se trouvent aussi peut-être des combinaisons cycliques du type du dicétopiperazine. S'il en est ainsi les matières protéiques, comme telles, doivent réagir sur le p-crésol à la façon des polypeptides dans la mesure où ils possèdent des carboxyles et des groupes NH_2. Nous savons d'ailleurs que la réaction amphotère (basique et acide) des matières protéiques dépend de leur caractère acide aminé. Citons surtout le beau travail de Hardy[1] sur les globulines. D'ailleurs aucune méthode n'est actuellement suffisante pour déterminer le nombre approximatif des groupes amino-acides libres des matières protéiques. L'une des méthodes les plus certaines et les mieux étudiées c'est celle de l'action du formaldehyde sur les matières protéïques. Ce corps réagit vis-à-vis des groupes aminés (et amino). Il semble que dans cette réaction (Trilliat, Blum, Sörensen) ce sont les groupes NH_2 qui sont condensés en dérivés du méthylène.

Notre méthode qui permet de reconnaître non seulement les acides aminés mais le caractère amino-acide des polypeptides est de nature à jeter une lumière nouvelle sur cette question difficile. Nous avons fait des solutions d'albumine (ovalbumine) et de peptone de Witte calculée sur le principe des acides aminés et en particulier du glycocolle (c'est-à-dire poids égal de glycocolle ou d'albumine calculé en équivalent du p-crésol). Une solution d'albumine 0,75/250 donne avec le réactif p crésol et tyrosinase une réaction rouge, mais qui est plus forte que celle que donne dans les mêmes conditions une solution de gélatine. Avec la peptone de Witte à même concentration la couleur rouge est beaucoup plus forte ; elle finit par atteindre l'intensité d'un

[1] Hardy. The Globulins. *Journ. Phys.*, 33, 351.

suc de cerises rouges. Mais dans aucun cas, même si on utilise des solutions plus concentrées de ces protéines, il n'y a finalement inversion vers le bleu ou même le violet, ni avec la gélatine, ni avec l'albumine, ni avec la peptone. Tout cela montre que si les matières protéiques sont caractérisées comme des substances à groupes amino et carboxyles, elles se comportent autrement que comme le dipeptide étudié, elles rougissent ± fortement le réactif mais ils sont incapables de pousser la réaction jusqu'au bleu avec dichroïsme rouge.

Cette nouvelle réaction des corps protéiques que nous avons découverte ne peut provenir d'impuretés qui seraient adhérentes à la molécule colloïdale, car elle est proportionnellement trop forte ; d'autre part elle augmente progressivement durant la protéolyse et conformément à la théorie qui prévoit que les groupes NH_2 et COOH vont augmenter au fur et à mesure que cette dégradation s'effectue. Nous verrons plus tard si par notre méthode on peut arriver à déterminer approximativement le poids moléculaire rapporté à une moyenne d'acides aminés (glycocolle, leucine, etc.). Enfin comme tous les ferments examinés par nous, sauf la tyrosinase, ont donné une réaction positive, il y a eu lieu d'examiner leur constitution chimique par ce nouveau réactif.

Mais si d'autre part nous utilisons la gélatine liquéfiée par deux bactéries différentes nous voyons que le réactif prend au bout de 24 heures une couleur bleue, caractéristique de la dégradation jusqu'au stade amino-acide. En utilisant une gélatine peptonisée par le *Scenedesmus quadricauda,* aux mêmes concentrations la réaction est magnifique et le dichroïsme bleu de toute beauté. Si on ne prend la gélatine qu'au début de la liquéfaction il y a seulement rougissement sans inversion au bleu.

On avait pris du liquide peptonisé 1 gr., eau 60 gr., ce qui équivaut sensiblement à 1/250 de gélatine (le milieu de culture contenant 10 % de gélatine et ce milieu ayant perdu une proportion considérable d'eau au cours de la culture qui avait duré plusieurs semaines). La réaction bleue apparaît dans des solutions qui contiennent : solution de gélatine digérée 1 cm^3., eau 3 cm^3., cresol (1/250) 1 cm^3. Mais la réaction est plus vive

si on augmente le volume du produit digéré par exemple à 4 cm^3. Ceci montre que la méthode est applicable à des expériences qui se font sur de petites quantités et à partir de microorganismes.

Plusieurs auteurs pensent que les protéases des bactéries ne poussent la dégradation de la gélatine que fort peu loin. Le ferment qui liquéfie serait une simple gélatose, ou peut-être aussi une pepsine. On voit qu'en réalité il s'agit dans plus d'un cas d'une tryptase caractérisée. Qant au ferment protéolytique des Algues vertes on ne savait rien de précis jusqu'ici [1].

Conclusions

Nous avons donc dans la réaction au p-crésol-tyrosinase un admirable réactif pour suivre pas à pas la protéolyse et plus particulièrement par les microorganismes. Elle indique aussi pour la première fois, par un procédé *direct,* que les matières protéiques natives sont des polypeptides, que les peptones sont également des polypeptides mais déjà plus simplifiés puisque la réaction est, toutes choses égales, beaucoup plus intense. Enfin avec l'apparition des acides aminés et des peptides peu compliqués, l'inversion au bleu avec dichroïsme rouge nous renseigne avec certitude sur leur présence et, dans une certaine mesure, sur leur concentration. Enfin l'action particulière de la tyrosinase (sans p-crésol) sur les premiers produits de la digestion trahit l'existence de peptides à tyrosine comme le glycyl-l-tyrosine lorsqu'ils existent (v. p. 86 [2]) ou l'existence de la tyrosine qui se trahit par la coloration noire finale. D'autre part notre réactif permet d'identifier l'alanine lorsque, d'un mélange de peptides, nous l'avons séparée. Elle nous permet aussi de classifier les peptides en ρ et $\varkappa$, selon qu'ils rougissent simplement le réactif ou qu'ils le bleuissent finalement.

Pour appliquer avec succès cette nouvelle méthode il faudra se rappeler que l'intensité de la coloration dépendant des groupes amino-carboxyles et peut-être aussi, dans certaines

[1] Voir Oppenheimer, *Fermente,* IIIe éd. p. 240.

[2] La gélatine ne fournit pas de polypeptides à tyrosine.

conditions, des groupes —CO.NH— (dans les chaînes ouvertes), il sera nécessaire de comparer la teinte que fournit la matière protéique naturelle dans un temps donné et vis-à-vis de concentrations données de p-crésol (nous recommandons une solution à 1/250) avec celles que fournit dans le même temps le produit de la protéolyse et un acide aminé pris comme norme. D'autre part, comme nous avons montré au début de cette étude que pour obtenir l'inversion du rouge au bleu il faut une proportion définie d'acides aminés, il sera nécessaire, lorsqu'on suspecte la présence de ces acides aminés, d'opérer avec des concentrations suffisantes que l'on déterminera par quelques essais préliminaires. Nos premières expériences sur la digestion de la gélatine par la trypsine confirment nos prévisions.

Une autre application de notre méthode c'est la recherche des ferments protéolytiques dans les sucs des animaux et des végétaux.

Pour la recherche des pepsinases on se servira d'une solution déterminée d'albumine ou de protéine à laquelle on ajoutera en présence de l'acide chlorhydrique une quantité déterminée du suc à examiner. La comparaison avec un essai-contrôle et l'addition d'un volume déterminé du produit supposé de digestion après neutralisation de l'acide à notre réactif, donnera en intensité de coloration rouge le degré de peptonisation.

De même dans l'action d'une tryptase (ou éreptase) sur une matière protéique, le produit de digestion en présence de notre réactif crésol-tyrosinase fournira une teinte rouge qui passera au bleu avec dichroïsme. Ce que nous avons déjà vérifié sur la gélatine.

Cette réaction permet également de différencier l'activité des bactéries liquéfiantes vis-à-vis de la gélatine. Nos premières recherches nous ont déjà montré de très sensibles différences, l'une des espèces en culture dégradant en peu de jours jusqu'au stade acide-aminé, l'autre s'arrêtant au stade polypeptide.

Nous publierons très prochainement les résultats des recherches que nous entreprenons sur ces derniers sujets.

Institut botanique de l'Université de Genève. Décembre 1911.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 21 décembre 1911

Duparc. Sur quelques gisements anormaux de platine. — H. Gans. Les lycénidées dans les environs de Genève. Variations des couleurs des lépidoptères dans la plaine et à la montagne. — Tommasina. La nature de l'électricité et la dynamique de l'électron. — Chodat et Monnier. Recherches sur l'augmentation en poids des plantes.

M. le Prof. L. Duparc fait une communication sur quelques *gisements anormaux de platine de l'Oural*, récemment étudiés par lui.

En premier lieu, il parle de celui de la Petite Koswa qui s'amorce dans le massif du Koswinsky. L'auteur a vérifié que de sa source à son embouchure celle-ci coule dans des roches exemptes de platine. En réalité, le platine des alluvions du M.Koswa provient de la dunite, mais les recherches de l'auteur montrent qu'à une époque ancienne la topographie était différente, les sources de M.Koswa étaient rejetées vers le Nord, et cette rivière s'amorçait dans le centre dunitique qui alimente la rivière Kitlim, laquelle coule sur le versant européen. Plus tard, la ligne de partage a été rejetée plus au Sud, dans une région où cette dunite fait défaut, et à partir de ce moment le platine n'est plus arrivé dans les alluvions de M.Koswa qui coule sur le versant européen. Par contre, la Kitlim platinifère s'amorce encore aujourd'hui dans le centre dunitique qui forme l'éperon du Koswinsky.

Un second gisement anormal est celui des petites rivières de Molitchewka, Beresowka et Gloubokaïa, toutes trois affluents droits de la grande Koswa, où ces rivières sont entièrement encaissées dans le devonien moyen et énormément distantes de tout centre platinifère primaire. Leurs alluvions platinifères ne renferment que des cailloux de dolomie et quelques galets de quartz provenant du D^1.

La première idée qui vient est que jadis la grande Koswa, dont les alluvions sont platinifères, coulait plus au Nord, à un niveau supérieur à celui d'aujourd'hui. Elle a formé ainsi un ancien lit qu'elle a abandonné plus tard pour couler dans le lit actuel. Puis les affluents latéraux se sont établis et ont reconcentré localement à leur profit le platine contenu dans cet ancien lit de la Koswa.

La seule objection à cette manière de voir est que l'on ne trouve pas de galets de la Koswa dans les alluvions de ces petits cours d'eau.

Une seconde explication serait celle-ci : M. Duparc a démontré qu'antérieurement au Devonien inférieur une partie de l'Oural était déjà émergée et dénudée. A ce moment déjà des massifs platinifères primaires étaient soulevés et dénudés, et leur platine allait dans les sédiments qui ont formé depuis lors les dépôts dévoniens, carbonifères et artinskiens. Plus tard, ces dépôts ont été émergés à leur tour par le plissement qui a créé la chaîne actuelle, et après dénudation du relief et formation des vallées quaternaires, ce platine, là où il existait, a été reconcentré dans l'axe des cours d'eau qui occupent ces vallées.

On sait, en effet, que l'on vient de découvrir du platine dans des cours d'eau entièrement encaissés dans les conglomérats d'Artinsk (Outkinskaya-Datcha) et très loin de tout centre primaire, on connaît aussi dans le Nord deux petites rivières encaissées dans le D^1 qui sont aussi platinifères. Il se peut que le platine trouvé dans les petits affluents de la Koswa en question ait une origine semblable. De prochaines recherches décideront laquelle de ces deux alternatives est la bonne.

M. H. Gans. *Les lycénidées dans les environs de Genève. Variations des couleurs des lépidoptères dans la plaine et à la montagne.*

M. Gans rappelle une série d'observations qu'il a faites en 1868 et 1869 sur les lycénidées, en étudiant leur nombre et leurs variétés en Suisse et particulièrement dans les environs de Genève. En outre, M. Gans avait fait plusieurs remarques sur les variations de couleurs que présentent dans la plaine et à la montagne plusieurs lépidoptères suisses. Ces travaux avaient été publiés dans le périodique, le *Rameau de Sapin.*

M. Th. Tommasina. *La nature de l'électricité et la dynamique de l'électron.*

Les nombreux et importants travaux déjà parus sur la dynamique de l'électron sont encore loin d'avoir épuisé un tel sujet. Il y a même un point qu'on dirait avoir été laissé intentionnellement de côté, peut-être dans la crainte d'affaiblir plutôt que de renforcer,

en le touchant, la base de la théorie électronique ; je vais l'indiquer franchement, ayant la conviction que la recherche des points faibles d'une théorie est un travail qui aide à mieux l'établir.

L'hypothèse fondamentale de la théorie électronique est que l'électricité doit être considérée comme étant de nature corpusculaire et que les corpuscules qui la constituent sont des électrons. Cela étant admis, en chaque phénomène électrique on étudie un mouvement d'électrons et leurs chocs avec les molécules ou les atomes des corps, on s'occupe des agglomérations ou des séparations, des vibrations, des émissions, des bombardements, des trajectoires et de leurs déformations. Or, tous les auteurs, en décrivant et en étudiant ainsi les phénomènes électriques, font intervenir, et ils y sont forcés, non pas une simple dynamique, mais une électrodynamique, c'est-à-dire qu'il ne peuvent faire jouer aux électrons leur rôle explicatif de tous les phénomènes électriques qu'à la condition de supposer les électrons, eux-mêmes, dans un milieu où les champs et les forces électriques interviennent pour les déplacer. C'est là le point scabreux, le point faible de la théorie électronique, que l'on saute, car en s'y arrêtant, on serait forcé de reconnaître qu'on n'a point de théorie électronique de la force électrique et du champ électrique. Autrement dit : que champs et forces électriques restent en dehors de l'explication électronique de l'électricité et, ce qui est plus grave encore, que cette nouvelle théorie est forcée de les utiliser avec la même signification qu'ils avaient dans la théorie ancienne.

Une fois mise en évidence cette faiblesse si frappante de la théorie électronique, la première idée qui se présente est un doute sur sa valeur réelle, et on se demande si l'on n'a pas exagéré l'étendue et la portée de la notion d'électron.

Après une étude approfondie de cette question, voici la solution que je propose :

Si, pour expliquer une certaine catégorie de phénomènes électriques nous avons été amenés à formuler et à admettre, jusqu'à preuve du contraire, l'hypothèse que les choses se passent comme si existaient et intervenaient directement dans ces phénomènes des charges électriques élémentaires, très petites, mobiles, sans substratum pondérable appréciable, les électrons, cela ne nous autorise nullement à conclure qu'avec l'hypothèse corpusculaire nous établissons la nature de l'électricité. En effet, prenons comme exemple le phénomène des rayons cathodiques qui a été le point de départ de la nouvelle théorie, nous y voyons immédiatement que même en supposant qu'un faisceau de ces rayons ne soit constitué que par des électrons en mouvement de translation, avec une certaine vitesse qu'on peut mesurer pour les caractériser, nous ne pouvons nous illusionner d'avoir ainsi expliqué le phénomène

électrique qui intervient pour les produire. On peut répéter la même observation pour chacun des autres phénomènes électriques.

Pour expliquer le rayonnement cathodique, il ne suffit pas de considérer les projectiles, leurs dimensions, leur forme déformable ou non et leur vitesse, il faut tenir compte de la nature des forces qui agissent pour provoquer l'explosion et de la nature de cette dernière. Nous savons que dans l'ampoule de Crookes existe entre l'anode et la cathode, une différence de potentiel périodique, produite par le travail de la bobine d'induction, dont le courant secondaire oscillatoire provoque l'expulsion positive anodique et l'expulsion négative cathodique. Mais nous savons aussi que dans l'ampoule, il y a encore des molécules de l'air ou de gaz raréfiés, lesquelles possèdent une vibration thermique propre et se meuvent dans un milieu rempli d'autres vibrations énormément plus rapides, celles de l'éther, dues à la lumière du laboratoire qui nous permet de voir dans l'intérieur de l'ampoule. Il faut donc tenir compte de cette complexité expérimentale, d'autant plus que la nouvelle théorie, en reconnaissant la nature électromagnétique de la lumière, admet en outre que les particules qui vibrent pour la transmettre sont aussi des charges élémentaires, des électrons comme ceux qui constituent les rayons cathodiques. Or, si soit la lumière, soit les rayons cathodiques, sont constitués par les mêmes corpuscules, cela montre que ce qui les différencie est : que dans la lumière les électrons vibrent en se déplaçant seulement pour transmettre de proche en proche leur vibration avec la vitesse connue, tandis que dans les rayons cathodiques, les électrons se déplacent comme des projectiles, mais avec une vitesse toujours plus faible que celle de la lumière. On dit que tout déplacement électrique est accompagné d'une modification électromagnétique du milieu, il faut renverser et dire que tout déplacement électrique est toujours produit par une modification électromagnétique du milieu, car ce qu'on croît être l'effet est au contraire la cause, et vice-versa. La première affirmation n'est exacte que dans le cas du déplacement artificiel et purement mécanique d'une charge électrique.

La définition de l'électron qui en fait une charge électrique élémentaire, signifie qu'un phénomène électrique déjà complexe existe dans l'électron même. La théorie électronique aide donc l'explication des phénomènes électriques, mais n'explique nullement leur nature qui dépasse la simple dynamique de l'électron, car l'électron ne fait qu'obéir à l'électrodynamique qui l'entoure et le transporte. L'hypothèse électronique n'amène point la conclusion que l'électricité soit une substance corpusculaire constituée d'électrons, il n'y a pas de substance électricité, comme il n'y a pas de substance chaleur ou de substance lumière, ces noms n'in-

diquent que des catégories spéciales de phénomènes, catégories qui se distinguent entre elles non seulement par la diverse constitution des mobiles, mais surtout par la diversité des mouvements et des activités qui en résultent. Il nous faut une électrodynamique pour expliquer le mouvement des électrons dans l'effluve et dans le courant, pour expliquer leur équilibre statique dans les charges électriques, pour expliquer enfin la nature électrique de l'électron.

Aucun électron n'est en mouvement, s'il n'y a pas une différence de potentiel entre les deux extrêmes opposés de sa trajectoire ; aucun électron n'est en mouvement s'il n'existe pas une modification du champ extérieur, modification qui ne l'accompagne pas seulement dans son déplacement, mais qui le transporte. Ces deux conditions sont nécessaires dans tous les phénomènes. Aussi, je le répète, l'électron est une partie inhérente, essentielle, mais une partie seulement, de chaque phénomène où il y a une manifestation électrique quelconque. L'électron n'est qu'un mobile, une inertie électromagnétique pendant son déplacement et proportionnelle à sa vitesse, tandis que le moteur ou l'activité qui le déplace est une fonction de l'énergie électromagnétique du champ extérieur, donc du milieu. Ce milieu est le nouvel éther, conçu tout autrement que l'ancien et dont les modifications dynamiques internes, toujours actives parce qu'il les reçoit incessamment de tous les centres radiants de l'univers, constituent la source de l'électricité, l'origine unique de la catégorie de phénomènes qui porte ce nom.

D'autre part la théorie nouvelle nous permet d'établir l'existence réelle de deux substances électroniques. L'une, exclusivement électronique, invariable comme constitution, répandue en tout l'univers sans discontinuité et égale partout ; c'est le nouvel éther, le milieu actif, électromagnétique, qui sert d'intermédiaire entre les astres, de même qu'entre les atomes de tous les corps. L'autre substance est également électronique, mais reçoit toute sorte de modifications complexes de structure, donnant lieu à la formation des ions positifs et négatifs qui sont les atomes avec leurs affinités chimiques ; de façon qu'on peut affirmer que la possibilité de variabilité de cette deuxième substance n'a point de limites ; c'est la matière pondérable dont tous les corps inorganiques et organiques sont constitués. Voilà ce que la nouvelle théorie nous donne comme grande synthèse physique.

M. le Prof. R. Chodat expose l'ensemble des recherches qu'il a entreprises avec la collaboration de M. le prof. A. Monnier et de leurs élèves[1] (Stefanowska, Deléano, Rabinowictch). Dans ces recherches on est parti de cette notion qu'il faut examiner l'augmentation en poids des plantes comme on étudie une réaction chimique en présence d'un catalyseur. M. Chodat rappelle qu'en 1904, il a déjà formulé cette théorie en se basant sur les travaux

qui étaient en voie d'exécution dans son laboratoire et à l'École d'horticulture. Cette théorie a été développée dans la thèse de M. Monnier, puis dans les « Principes de Botanique ». M. Jacques Loeb, en 1906, a développé une théorie analogue, puis en 1908, MM. Ostwald et T. B. Robertson ont confirmé cette manière de voir. Ce dernier en s'appuyant sur les chiffres fournis par nous, a calculé que la formule applicable à l'augmentation du poids des organismes et qui se laisse dériver de la formule bien connue des réactions autocatalytiques monomoléculaire est

$$\log \frac{x}{A - x} = K\,(t - t_1)$$

où x est le poids du corps au temps t, A le poids maximum, K une constante déterminée par les valeurs successives de x, t_1 le temps auquel l'organisme a atteint la moitié de la valeur de son poids maximum. Les valeurs obtenues par nous correspondent si bien aux valeurs calculées qu'il n'y a pas lieu de douter de la théorie qui considère l'augmentation en poids comme une autocatalyse dont le plasma est le ferment et le milieu nutritif externe la masse invariable. MM. Chodat et Monnier ont montré que chaque élément qui entre dans la composition du végétal suit la même loi d'absorption qui s'exprime par une courbe logarithmique à coefficient propre pour chaque substance. Il ressortait aussi de leurs recherches que, à partir d'un certain moment la catalyse diminue de vitesse (facteur d'inhibition de Blackmann). En outre, ils ont observé le fait curieux d'une desassimilation très importante qui suit la période d'aplatissement de la courbe de croissance et qui parfois atteint le 40 % des cendres. Ils ont vu dans cette migration négative vers le sol un phénomène de diffusion centrifuge due à la vitalité diminuée des cellules, mais qu'on pourrait tout aussi bien considérer comme un phénomène d'équilibre en ce que les matières non utilisées par les plantes sont rendues de nouveau solubles par son métabolisme.

Cette manière de voir a été mise en doute, on a pensé que la désassimilation pouvait provenir du lavage des plantes par la pluie. MM. Chodat et Monnier ont cette année établi des cultures sous chassis de manière à éliminer le facteur de lixiviation. D'ailleurs l'été 1911 ayant été sans pluie, cette précaution aurait été inutile. Les chiffres se rapportent à des avoines sélectionnés et correspondent à 100 plantes choisies au hasard.

Prises successives	Poids humide	Poids sec	Cendres
1	324	48	6,12
2	606,5	130	14,78
3	420	125	12,98
4	×	×	×
5	180	87	9,47

[1] Voir *Travaux de l'Institut botanique*, Genève 1905-1911.

Il y a donc eu dans ces conditions inéquivoques, migration négative comme dans les anciennes expériences (Chodat, Monnier, Deléano). Ces résultats sont confirmés indirectement par des recherches de Mazé, relative à l'exosmose radiculaire et dont la conclusion est la suivante : « La plante excrête les substances minérales qu'elle n'utilise pas ; si dans les aliments minéraux qu'on lui offre la base est assimilée, c'est l'acide qui fait retour à la solution nutritive » (et vice-versa n° 56)[1].

Partant des recherches de R. Chodat sur l'activation excessive de la croissance des algues vertes par le chlorure ferrique, MM. Chodat et Monnier ont traité des avoines dans les mêmes conditions que celles dont il vient d'être question. La quantité de $F_2 Cl_6$ était de 1 $^0/_{00}$ par litre d'eau. On arrosait la base des plantes tous les huit jours avec cette solution ferrugineuse

100 plantes	Poids humide	Poids sec	Cendres
1°	537	68	10,6
2°	1002	233	35,5
3°	638	218	21,5
4°	666	221	23,8
5°	383	192	20,9

la végétation se prolonge plus pour les plantes arrosées au fer que pour celles arrosées à l'eau. Mais on reconnaît aussi chez elles la désassimilation. L'accélération des plantes ferrugineuses atteint donc plus du 70 $^0/_0$ en ce qui concerne le poids sec et près du 100 $^0/_0$ et même plus, si on considère les cendres. Ces résultats excessivement remarquables et inattendus engagent les auteurs à établir en 1912, des recherches comparatives sur la valeur des divers sels de fer et sur l'accélération qu'ils produisent. Ils ont aussi dosé le fer dans les plantes témoins et les plantes ferrugineuses.

Prises	Témoins	Pl. ferrug. ($F_2 Cl_6$)
1°	0,039	0,239
2°	0,103	0,738
3°	0, 05	0,276
4°	0,024	0,228
5°	0,056	0,386

Le chlore est éliminé, selon la loi de Mazé :

Prises	Témoins	Pl. ferrugineuses
1°	0,0024	0,178
2°	0,0078	0,048
3°	0,00375	0,0043
4°	0,00138	0,0055
5°	0,00261	0,0056

Ces recherches seront continuées.

[1] Recherches sur la physiologie végétale. *Ann. Inst. Past.*, XXV, n° 10, 1911.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Augusto Righi. La nuova fisica, discorso inaugurale per la V riunione della Società italiana pel progresso delle scienze, Roma 12 ottobre 1911. Attualità Scientifiche, nº 16. Nicola Zanichelli. Bologna 1911.

La collection des *Attualità Scientifiche* de l'éditeur Zanichelli de Bologne vient de s'enrichir d'une nouvelle publication, le discours d'ouverture de la dernière réunion à Rome de la Société italienne pour le progrès des sciences. C'est une mise au point magistrale, par le professeur Righi, de la récente évolution de la Physique. Cette science qui, comme dit l'illustre savant, occupe une place éminente dans l'Histoire de la pensée humaine et semble destinée à la conserver, si l'on considère l'influence qu'elle a exercée et exerce toujours davantage sur le développement de plusieurs des autres sciences, et l'importance soit pratique, soit philosophique des résultats auxquels elle a conduit. L'auteur ne s'occupe naturellement que de la Physique pure, de la science qui ne s'arrête pas aux applications pratiques, mais se propose uniquement le noble but d'établir les grandes lois qui règlent les phénomènes du monde inanimé et d'en découvrir une plausible explication ; il s'occupe donc surtout de préciser et de mettre en évidence les bases expérimentales des nouvelles théories. « L'immense utilité scientifique des grandes hypothèses et des grandes synthèses philosophiques est indéniable, conclut M. Righi, même les utilitaires doivent les respecter et s'en servir, bien qu'ils ne sentent point le désir que d'autres éprouvent instinctivement et qui les pousse à chercher les causes cachées des phénomènes. C'est à la juste confiance dans les nouvelles grandes hypothèses, c'est à la collaboration continue de celles-ci avec les plus sévères méthodes de recherche expérimentale, c'est enfin à la sagace et prudente appréciation des résultats de l'expérience, que sont dus les immenses et rapides progrès qui ont renouvelé la physique, dont j'ai essayé de vous tracer une ébauche aujourd'hui. Vous me direz si j'ai réussi ». Ainsi termine ce discours dont la lecture présente le plus vif intérêt.

Th. T.

A. Göckel. — Sur le courant électrique atmosphérique vertical, et ses relations avec le magnétisme terrestre.

On a souvent émis l'hypothèse qu'il existe une relation entre les éléments du magnétisme terrestre et les courants électriques qui circulent dans la terre et l'atmosphère. Si cette relation est confirmée, elle doit exister en première ligne entre le magnétisme terrestre et le courant qui de l'atmosphère se dirige vers la terre et qui est déterminé par le produit entre la différence de potentiel et la conductibilité.

L'auteur a fait des observations en différents endroits (Potsdam, Kremsmünster, Tortosa et Fribourg (Suisse) et a reconnu que les variations diverses et annuelles de ce courant présentent une relation incontestable avec les variations régulières de l'intensité du champ magnétique terrestre.

Les variations du courant concordent bien avec celles des composantes magnétiques horizontale et verticale.

Les courants terrestres sont également en relation avec le courant de l'atmosphère, et la courbe de ses variations est, dans certains cas, absolument parallèle à celles des variations des courants terrestres.

L'auteur n'a pas pu trouver de relation entre la déclinaison et la conductibilité, relation qui lui paraît d'ailleurs assez improbable.

Il a pu constater à Tortosa une relation entre la composante O.-E. du courant terrestre et la composante horizontale de l'intensité magnétique. Cette relation avait été admise par certains auteurs, niée par d'autres.

Par contre, la composante S.-N. n'est pas parallèle à la déclinaison.

Hermann-Th. Simon. Der elektrische Lichtbogen. Leipzig, Hirzel, éd. 1911.

Dans une petite brochure d'une cinquantaine de pages, M. le prof. Th. Simon, de Göttingen, a publié la conférence qu'il a été appelé à donner récemment devant le « Wissenschaftlicher Verein » de Berlin. Sous une forme claire et suggestive, l'auteur résume l'état actuel de la question de l'arc voltaïque. Cet exposé est illustré par la description d'un ensemble fort bien choisi d'expériences de cours de nature à bien faire saisir les points principaux de la théorie du fonctionnement de l'arc et de ses applications.

La lecture de cet opuscule se recommande à tous ceux qui s'intéressent à la question de l'arc voltaïque, cet auxiliaire si précieux de la science et de l'industrie. C.-E. G.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1911

Le 4, faible pluie à 11 h. du matin, pluie de 2 h. à 7 h. du soir.
5, couronne lunaire à 7 du soir.
7, pluie de 8 h. 30 m. à 10 h. du soir et dans la nuit.
9, pluie et fort vent pendant la nuit et la plus grande partie de la journée.
10, gelée blanche le matin.
11, pluie dans la nuit et de 7 h. du matin à 2 h. après-midi.
12, pluie dans la nuit.
13, gelée blanche le matin : petites averses dans la journée.
14, pluie de 7 h. à 10 h. 45 m. du matin.
15, pluie de 2 h. à 10 h. du soir.
16, brouillard le matin.
18, gelée blanche le matin : brouillard le soir.
19, léger givre le matin ; brouillard le soir.
20, pluie de 1 h. à 3 h. après-midi.
21, très fort vent et pluie l'après-midi et le soir.
22, fort vent toute la journée ; pluie de 6 h. à 10 h. du soir.
23, pluie et fort vent dans la nuit et de 7 h. à 11 h. du matin ; arc-en-ciel à 1 h. après-midi.
24, gelée blanche le matin : pluie de 6 h. à 10 h. du soir.
les 25 et 26, pluie et fort vent pendant la nuit et la plus grande partie de la journée.
le 27, pluie dans la nuit et de 8 h. du matin à 1 h. après-midi.
30, brouillard le matin.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	33.1	31.8	32.2	32.61	+ 5.87	31.6	34.5	NNE 1	NNE. 1	ESE. 1	ESE. 1	1 9	10	9	10	10	. . .	. . . .	. . . .
2	32.0	31.2	32.1	31.61	+ 4.83	31.1	32.3	E 0	NNE. 1	ESE. 1	SE. 1	5.4	10	10	10	10	. . . .	. . . .	. . . .
3	31 2	30.1	29 4	30.40	+ 3.58	29.1	31.5	ESE. 1	SE. 1	S. 1	ESE. 1	3 8	10	4	9	8	1.7	. . . .	. . . .
4	29.0	28.9	30.0	29.36	+ 2.50	28.9	30 1	SSE. 1	WSW. 0	SSE. 1	calme	1.3	10	10	9	9	. . . .	3.4	1
5	28.0	26.2	26.7	27.30	+ 0.40	25.5	29.5	SSW. 1	SSW. 0	SE. 1	var.	2.5	10	5	8	7	0.9	. . . .	. . . .
6	29.1	30.9	32.0	30.47	+ 3.53	28.7	32.1	E. 1	NNE. 0	SE. 1	calme	1.3	10	10	7	8	0.4	. . . .	. . . .
7	29.3	25.9	22.4	26.87	- 0.11	22.1	31.8	SSE 1	S. 0	NW. 1	calme	1.7	10	10	10	10	. .	15.6	8
8	23.4	22.6	20.3	22.41	- 4.61	20.3	24.2	SSW. 1	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	6.3	10	1	3	4	5.6	4.4	2
9	21.6	25.3	28.7	24.43	- 2.63	20 0	29.3	WSW. 2	SW. 2	SSW. 1	SSW. 1	11.8	10	9	5	5	2.5	2.7	2
10	27.5	24.4	19.2	24.63	- 2.47	17.6	29.1	SW. 0	W. 0	S. 1	calme	1.1	1	9	10	8	. . . .	3.2	6
11	14.6	18.4	21.0	**17.68**	**- 9.46**	**14.6**	21.5	SE. 1	SSW. 0	W. 1	var.	2.5	10	10	2	8	. . . .	15.5	10
12	24.2	25.2	24.7	24.55	- 2.63	22.2	26.0	SW. 0	SW. 1	SSE. 1	SSW. 1	3.1	9	7	0	5	2.5	. . . .	. . . .
13	23.0	24.1	24.3	23.82	- 3.40	23 0	24.5	S. 1	SW. 1	SSW. 1	calme	1.5	10	9	10	10	0.1	1.2	3
14	25.5	27.7	26.6	26.45	- 0.81	24.7	27.9	SSW. 0	SE. 1	S. 0	var.	2.3	10	8	10	8	3 6	7.1	4
15	24.2	22.7	28.4	25.31	- 1.99	22.1	28.7	ESE. 1	NNW. 0	WNW. 1	var.	2.9	10	10	10	10	. . .	**18.8**	8
16	30.5	30.5	32.4	30.79	+ 3.45	28.9	33.0	SSW. 1	WSW. 0	SW. 1	calme	0 6	2	2	0	4	2.7	. . . .	. . . .
17	34.0	33.6	34.8	**34.12**	**+ 6.75**	33.2	**34.9**	SSE. 1	NNW. 1	W. 0	calme	1.2	9	3	0	3	6.9	. . . .	. . . .
18	33.8	32.6	32.8	33.24	+ 5.83	32.0	34.4	SSW. 1	SSW. 1	SW. 0	calme	1.0	10	10	10	10	. . . .	. . . .	. . . .
19	32.0	31 5	29.5	31.25	+ 3.80	28.4	32.3	WSW. 0	SW. 0	WSW. 0	calme	1.5	10	10	10	10	. . . .	. . . .	. . . .
20	23.1	21.2	29.2	25.08	- 2.40	21 0	29.2	NW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.3	8	10	5	6	0.2	5.8	6
21	22.8	20.9	23.5	23.55	- 3.97	20.8	28.9	SW. 1	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 2	**18.3**	10	8	10	9	3.6	3.2	3
22	30 7	29.9	24.7	28.35	+ 0.79	22.6	31.5	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	12.7	10	9	10	9	1.6	3 9	4
23	22.8	27.5	34.3	27.43	- 0.16	21.4	34 5	SSW. 2	NW 1	NNW 1	NNW. 2	14.7	10	9	2	8	1.5	3.0	1
24	32.1	29.4	27 9	30.48	+ 2.86	26.8	33.1	SSW. 1	SSW. 1	WSW. 1	calme	1.4	9	10	10	10	0.1	13.0	**12**
25	21.7	24.4	26.5	23.39	- 4.26	21.0	26.6	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	12.2	10	9	10	10	. . . .	12.7	10
26	27.9	28.2	26.5	27.77	+ 0.09	26.0	28.8	SSW. 1	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	11.8	10	10	10	10	0.7	5.8	7
27	23.6	23.2	27.1	24.86	- 2.85	23.0	28.1	SSW. 1	E. 1	SW. 1	SW. 1	7.7	10	10	10	10	. . . .	1.1	2
28	30.2	31.5	33.0	31.27	+ 3.54	28.2	33.3	NW. 0	N. 1	SSE. 0	var.	2.1	10	10	8	9	0.9	. . . .	. . . .
29	32.5	31.3	31.4	32.05	+ 4.29	31.2	32.9	ENE. 0	NNE. 1	W. 0	calme	1.1	9	4	0	3	6.9	. . . .	. . . .
30	31.7	31.1	31.4	31.37	+ 3 59	30.0	32.1	SW. 0	W. 0	SSW. 0	calme	0.8	10	10	10	10	. . . .	. . . .	. . . .
31	31.9	32.8	34.9	33.02	+ 5.22	31.4	**34.9**	NNW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.8	10	9	10	10	. . .	. . . .	. . . .
Mois	27.64	27.58	28.32	27.93	- 0.03							4.95	9.3	8.2	7.4	8.1	42.4	120.4	95

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 4.3	+ 5.4	+ 3.9	+ 4.41	+ 2.16	+ 2.9	+ 6.0	83	76	83	82	− 3	75	86	9.4	+ 1.5	1655
2	+ 2.1	3.5	2.5	2.69	+ 0.57	+ 1.5	4.2	88	79	83	83	− 2	75	90	9.0	+ 1.2	1665
3	− 1.0	2.9	1.6	0.88	− 1.12	− 1.8	4.0	92	80	92	88	+ 3	79	95	—	—	1660
4	+ 1.6	5.7	4.6	3.22	+ 1.34	0.0	6.5	92	77	96	90	+ 5	75	98	8.7	+ 1.1	1635
5	3.0	5.7	1.4	3.50	+ 1.74	+ 1.3	6.5	96	81	100	93	+ 8	79	100	8.9	+ 1.4	1630
6	2.7	6.1	3.7	3.79	+ 2.14	+ 1.2	7.2	95	80	97	90	+ 5	76	99	8.9	+ 1.5	1605
7	0.3	3.5	3.0	2.30	+ 0.76	− 0.2	4.3	100	93	100	97	+12	90	100	8.6	+ 1.3	1600
8	5.0	8.7	2.8	4.81	+ 3.38	+ 1.9	9.1	90	59	92	85	0	55	100	8.6	+ 1.4	1620
9	+ 4.7	6.7	2.8	4.35	+ 3.03	+ 1.0	8.8	93	50	70	76	−10	47	98	8.5	+ 1.4	1605
10	− 0.5	1.0	2.2	2.09	+ 0.87	− 1.0	4.6	88	62	80	77	− 9	58	89	—	—	1605
11	+ 2.4	3.9	0.6	2.69	+ 1.57	+ 0.3	5.3	95	97	97	94	+ 8	85	100	8.0	+ 1.0	1605
12	2.4	7.1	0.1	2.97	+ 1.95	− 0.5	8.0	89	67	95	86	0	67	98	7.5	+ 0.6	1560
13	0.8	3.6	3.0	1.81	+ 0.88	− 0.8	4.5	92	81	92	91	+ 5	78	96	7.6	+ 0.8	1610
14	2.5	6.4	4.9	4.06	+ 3.22	+ 1.8	7.6	97	97	100	98	+12	95	100	7.4	+ 0.7	1560
15	2.5	5.3	3.6	4.00	+ 3.25	2.0	7.1	100	91	96	97	+11	90	100	7.5	+ 0.9	1635
16	1.9	5.9	1.8	3.26	+ 2.59	+ 0.7	7.4	100	88	95	94	+ 8	83	100	7.5	+ 1.0	1635
17	+ 0.4	4.8	+ 0.4	+ 2.01	+ 1.42	− 0.4	6.5	89	71	92	86	0	70	96	—	—	1640
18	− 1.3	+ 0.6	− 1.0	− 0.76	− 1.27	− 2.6	1.1	97	96	95	98	+12	94	100	7.1	+ 0.7	1600
19	− 3.3	− 0.5	+ 0.2	− **1.35**	− **1.79**	− **3.9**	0.8	100	97	100	99	+13	94	100	7.0	+ 0.7	1575
20	+ 1.7	+ 9.0	7.3	+ 5.21	+ 4.84	− 0.5	10.8	96	84	66	84	− 2	60	100	7.0	+ 0.8	1695
21	4.6	13.0	7.8	7.50	+ 7.20	+ 2.0	**14.4**	71	42	72	**63**	**−23**	**40**	93	7.0	+ 0.8	1615
22	4.2	7.7	8.3	6.79	+ 6.55	3.5	10.3	70	70	79	70	−16	54	94	7.2	+ 1.1	1640
23	+ 6.8	8.2	2.4	6.15	+ 5.97	+ 1.0	9.5	91	68	89	77	− 9	58	93	7.5	+ 1.5	1615
24	− 0.2	4.6	4.5	2.26	+ 2.14	− 1.2	5.7	92	75	83	84	− 2	72	96	—	—	1605
25	+ 4.7	6.5	4.5	5.38	+ 5.31	+ 3.4	7.3	97	58	86	82	− 1	55	98	—	—	1660
26	4.2	5.5	4.7	5.01	+ 4.99	3.5	6.6	87	81	90	82	− 1	71	95	7.0	+ 1.2	1725
27	8.9	8.2	6.9	**7.60**	+ **7.63**	4.0	9.9	78	81	83	80	− 6	70	90	7.0	+ 1.2	1695
28	4.3	6.1	5.1	5.38	+ 5.45	4.0	7.2	97	84	90	88	+ 2	75	98	6.4	+ 0.7	1720
29	4.2	10.3	4.1	6.35	+ 6.46	3.0	12.8	96	64	96	87	+ 1	63	98	6.2	+ 0.6	1705
30	1.2	2.9	1.8	2.00	+ 2.15	0.4	5.0	100	100	100	100	+14	100	100	6.3	+ 0.7	1690
31	+ 2.0	+ 5.4	+ 5.1	+ 3.74	+ 3.92	+ 0.3	+ 6.5	98	77	77	84	− 2	70	100	—	—	1615
Mois	+ 2.49	+ 5.70	+ 3.37	+ 3.68	+ 2.88	+ 0.86	+ 6.95	92	77	89	87	+ 1			7.67	+ 1.06	[illegible]

MOYENNES DE GENÈVE. — DÉCEMBRE 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.81	28.58	28.41	28.73	27.74	27.24	27.39	27.17	28.01
2e »	26.96	26.61	26.48	27.16	26.76	27.55	28.03	28.27	27.23
3e »	28.36	28.21	27.99	28.50	28.19	28.62	29.12	29.04	28.50
Mois	28.05	27.82	27.64	28.14	27.58	27.83	28.21	28.19	27.93

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 2.16	+ 2.34	+ 2.22	+ 3.25	+ 5.22	+ 4.25	+ 3.54	+ 2.65	+ 3.20
2e »	0.87	0.77	1.00	2.28	4.61	4.53	3.13	1.93	2.39
3e »	4.33	4.25	4.08	5.37	7.13	6.66	5.64	4.85	5.29
Mois	+ 2.51	+ 2.51	+ 2.49	+ 3.69	+ 5.70	+ 5.20	+ 4.15	+ 3.20	+ 3.68

Fraction de saturation en %.

1re décade	90	89	92	86	74	82	85	90	86
2e »	97	96	95	94	87	88	91	93	93
3e »	86	87	89	81	72	74	79	85	82
Mois	91	91	92	87	77	81	85	89	87

Dans ce mois l'air a été calme 215 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{29}{82} = 0.23$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	27.85
Nébulosité..................	8.3
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 3°.85
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 3°.78
Fraction de saturation.........	86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	727.96
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	8.3
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	51mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	9
Température moyenne ... (id.).	+ 0°.80
Fraction de saturat. (1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	144.6	140.1	126.0	115.2	147.4	118.4	114.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	119.0	120.4	113.5	114.4	120.2	124.5

Insolation à Jussy : 20 h. 3.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1911

Le 4, neige le soir.
les 5 et 6, fort vent.
7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 20, 21 et 24, neige et fort vent.
16, 22, 23, 25, 26 et 27, très forte bise et neige.
28, 29 et 31, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1911

Jour	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
mois	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	67.7	66.5	67.0	67.1	+ 5.2	66.4	67.8	NE. 1	calme	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
2	66.4	66.7	67.1	66.7	+ 4.8	66.2	67.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
3	66.0	65.3	65.0	65.4	+ 3.5	64.7	66.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	5	2	....	...
4	64.3	64.0	64.0	64.1	+ 2.2	63.6	64.6	NE. 1	calme	NE. 1	NE. 1	4	10	10	8	0.3	....
5	62.9	62.4	63.2	62.8	+ 0.9	62.4	63.9	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
6	65.0	66.4	67.7	66.4	+ 4.6	64.0	67.7	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW 1	10	10	10	10	....	....
7	66.1	64.1	61.2	63.8	+ 2.0	60.8	67.4	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	8	10	9	17.4	14
8	59.3	59.5	59.1	59.3	− 2.5	58.6	60.8	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	1.4	3
9	57.8	58.0	60.4	58.7	− 3.1	57.8	61.1	SW. 2	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	7.6	10
10	61.5	60.8	59.0	60.4	− 1.4	58.2	61.5	NE. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 2	3	10	8	7	7.2	7
11	55.5	53.8	54.9	**54.7**	**− 7.0**	**53.8**	57.6	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	14.0	14
12	57.4	58.7	60.6	58.9	− 2.8	55.8	60.6	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	0	7	0.5	1
13	60.5	61.5	62.3	61.4	− 0.3	60.5	62.3	SW 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	6.0	15
14	62.4	64.1	64.5	63.7	+ 2.0	62.3	64.5	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	6	0	5	....	....
15	63.5	63.3	62.6	63.1	+ 1.4	62.6	64.0	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE 1	10	10	10	10	20.0	19
16	63.2	63.4	65.7	64.1	+ 2.5	63.0	67.0	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	2	0	4	0.5	1
17	67.9	69.0	70.7	69.2	+ 7.6	67.1	70.7	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
18	70.6	70.7	70.1	**70.5**	**+ 8.9**	69.8	**70.8**	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	...
19	69.5	69.5	68.1	69.0	+ 7.4	66.8	69.8	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	3	6	0	3	...	....
20	64.3	62.3	64.2	63.6	+ 2.0	62.3	66.8	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	9	10	0	6	7.2	8
21	62.0	59.8	58.1	60.0	− 1.6	58.1	63.6	SW. 1	SW. 2	SW. 4	SW. 2	5	10	10	8	9.0	10
22	61.7	63.5	61.8	62.3	+ 0.8	60.4	63.5	NE. 5	NE. 4	NE 1	NE. 3	10	8	10	9	20.0	14
23	57.1	59.1	66.1	60.8	− 0.7	57.1	66.2	SW. 3	NE. 4	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	6.0	6
24	66.2	65.2	64.7	65.4	+ 3.9	63.2	66.2	NE. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 2	3	10	2	5	6.5	10
25	58.0	57.4	57.6	57.7	− 3.8	57.4	63.2	SW. 1	NE. 2	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	10.6	10
26	60.1	60.7	61.4	60.7	− 0.8	58.4	61.4	NE. 4	NE. 3	SW. 1	NE. 3	10	10	10	10	**22.0**	**28**
27	57.1	56.8	61.0	58.3	− 3.2	56.8	62.0	NE. 4	NE 4	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	5.3	8
28	63.8	65.0	66.6	65.1	+ 3.7	62.0	67.0	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	5	8	10	8	....	....
29	67.1	67.5	68.1	67.6	+ 6.2	67.0	68.3	NE. 3	NE 3	NE. 4	NE. 3	10	8	6	8	...	....
30	68.5	68.1	68.0	68.2	+ 6.8	66.8	68.5	NE. 1	NE. 1	calme	NE. 1	2	2	0	1	...	....
31	65.6	66.5	68.5	66.9	+ 5.5	65.6	68.6	NE. 4	NE. 2	NE. 1	NE. 2	5	0	0	2	...	...
Mois	63.19	63.21	63.85	63.42	+ 1.10							6.7	7.1	5.8	6.5	161.5	178

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 3.5	− 1.0	− 5.2	− 3.2	+ 3.5	− 5.1	+ 0.2	21	17	27	23	16	30
2	− 5.6	− 2.0	− 4.2	− 3.9	+ 2.9	− 5.8	− 0.6	25	19	23	**22**	17	26
3	− 1.8	− 2.6	− 1.4	− 3.9	+ 3.0	− 1.9	− 1.2	34	39	18	40	29	52
4	− 5.4	− 2.1	− 6.0	− 4.5	+ 2.5	− 6.8	− 0.9	58	55	89	67	53	91
5	− 7.6	− 7.2	− 8.2	− 7.7	− 0.7	− 8.6	− 7.0	89	89	89	**89**	86	**92**
6	− 9.2	− 7.8	− 9.9	− 9.0	− 1.9	− 10.1	− 6.9	88	88	87	88	86	89
7	− 10.2	− 7.8	− 8.0	− 8.7	− 1.5	− 10.2	− 7.1	86	86	88	87	85	89
8	− 6.6	− 5.4	− 7.0	− 6.3	+ 1.0	− 7.4	− 5.0	89	89	89	**89**	89	90
9	− 6.0	− 8.4	− 12.0	− 8.5	− 1.1	− 12.9	− 5.8	89	77	82	83	77	90
10	− 11.6	− 8.2	− 11.6	− 10.5	− 3.1	− 12.5	− 8.0	67	43	84	65	34	87
11	− 10.2	− 10.0	− 9.6	− 9.9	− 2.4	− 10.3	− 9.3	85	84	84	84	83	86
12	− 11.2	− 11.2	− 13.0	− **11.8**	− **3.8**	− **13.0**	− 9.6	85	85	74	81	61	86
13	− 11.0	− 9.8	− 9.2	− 10.0	− 2.4	− 11.2	− 9.0	68	84	85	79	57	86
14	− 6.9	− 3.2	− 5.5	− 5.2	+ 2.5	− 8.9	− 2.8	86	89	79	85	76	90
15	− 6.8	− 6.8	− 5.6	− 6.4	+ 1.4	− 7.1	− 5.5	88	89	88	88	77	89
16	− 8.8	− 8.6	− 11.6	− 9.7	− 1.9	− 11.6	− 6.3	88	87	81	85	66	89
17	− 5.2	− 3.6	− 1.6	− 3.5	+ 4.4	− 10.4	− 0.3	19	29	31	26	18	42
18	− 1.1	+ 1.2	− 0.2	− **0.1**	+ **7.9**	− 1.6	+ 1.9	45	35	29	36	21	46
19	0.0	− 0.2	− 2.6	− 0.9	+ 7.1	− 3.5	+ **2.6**	17	27	40	28	14	44
20	− 6.8	− 6.8	− 7.6	− 7.1	+ 1.0	− 8.3	− 3.4	85	87	70	81	45	89
21	− 3.4	− 3.2	− 7.4	− 4.7	+ 3.4	− 8.2	− 2.3	20	70	86	59	**12**	87
22	− 9.8	− 8.6	− 2.8	− 7.0	+ 1.2	− 10.8	− 2.7	89	89	81	86	80	91
23	− 5.8	− 6.2	− 10.3	− 7.4	+ 0.8	− 10.6	− 2.9	75	76	76	76	57	77
24	− 8.2	− 3.8	− 4.1	− 5.5	+ 2.8	− 10.6	− 3.3	76	65	73	71	41	77
25	− 6.4	− 8.2	− 9.0	− 7.9	+ 0.4	− 9.2	− 4.5	76	76	80	77	74	81
26	− 10.6	− 8.6	− 8.1	− 9.2	− 0.8	− 10.9	− 8.1	76	76	76	76	75	77
27	− 4.8	− 5.8	− 7.3	− 6.0	+ 2.4	− 8.1	− 4.8	78	78	78	78	77	78
28	− 9.4	− 6.3	− 2.8	− 6.2	+ 2.2	− 9.4	− 2.7	77	62	65	68	58	78
29	− 3.0	− 1.8	− 1.8	− 2.8	+ 5.7	− 3.4	− 0.2	66	61	54	60	52	76
30	− 0.6	+ 0.1	− 1.8	− 0.8	+ 7.7	− 2.2	+ 0.9	50	20	22	31	15	32
31	− 4.8	− 1.8	− 5.4	− 5.0	+ 3.6	− 6.1	− 2.2	63	63	47	58	39	69
Mois	− 6.63	− 5.11	− 6.59	− 6.22	+ 1.37	− 8.39	− 3.77	66	66	68	67		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.70	63.37	63.37	63.48	65	60	71	65
2e »	63.48	63.63	64.37	63.83	67	70	66	67
3e »	62.47	62.69	63.81	62.99	68	67	67	67
Mois	63.19	63.21	63.85	63.42	66	66	68	67

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 7.05	— 5.25	— 7.65	— 6.65	— 6.90
2e »	— 6.83	— 5.90	— 6.65	— 6.46	— 6.51
3e »	— 6.07	— 5.20	— 5.58	— 5.62	— 5.61
Mois	— 6.63	— 5.44	— 6.59	— 6.22	— 6.31

Dans ce mois l'air a été calme 32 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{107}{69} = 1.55$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres	150.8	114.2	57.4	161.5
Neige en centimètres. . . .	?	28	75	178



Aurore vers l'ouest le 28 février 1910, 13 h. 37 m. 45 s. Pose 5 secondes



Aurore vers le nord-est le 3 mars 1910, 6 h. 40 m. 27 s. Pose 4 secondes.



Aurore vers l'ouest le 3 mars 1910, 6 h. 52 m. 42 s. Pose 3 secondes



Aurore vers le nord le 3 mars 1910, 9 h. 5 m. 53 s. Pose 10 secondes.

ISME TERRESTRE



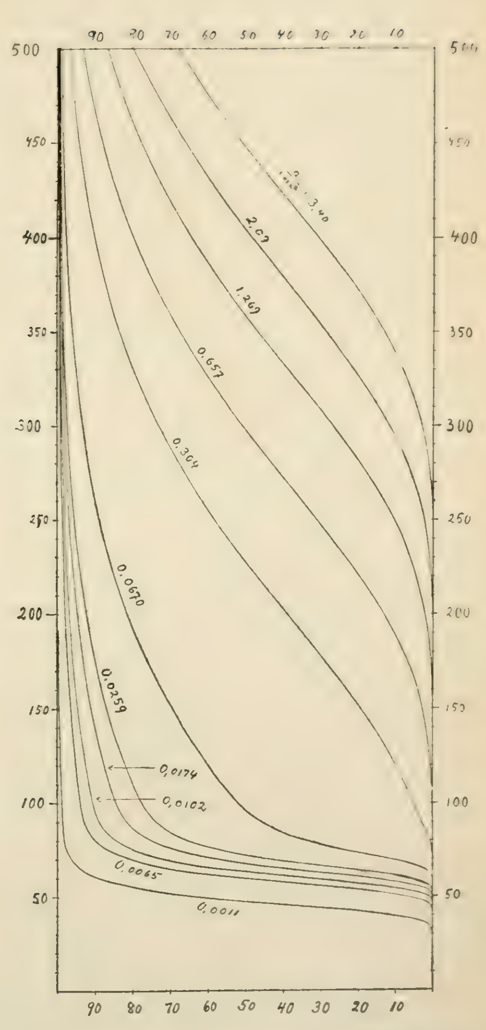
Cour

300
Km

200

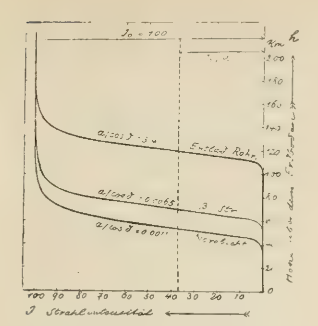
100
80
60
40
20
Argon

La comp

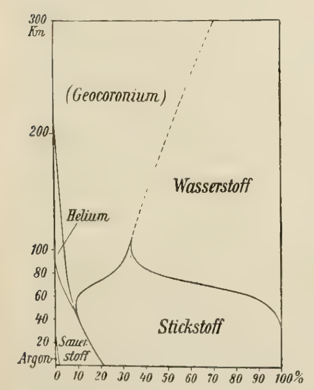


Les mêmes, sans l'hypothèse du gaz Geocoronium.

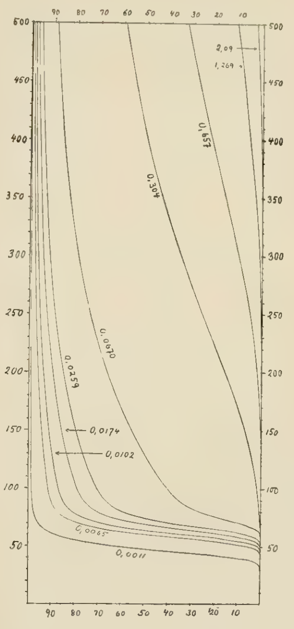
TRAJECTOIRES DES CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE SOUS L'ACTION DU MAGNÉTISME TERRESTRE



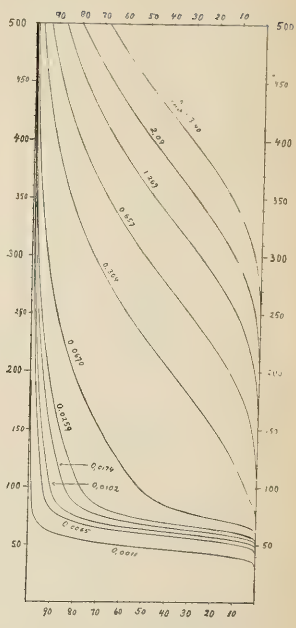
Courbes d'absorptions calculées par M. Lenard.



La composition de l'atmosphère d'après M. Wegener.



Courbes d'absorption basées sur les recherches de MM. Lenard et Wegener.



Les mêmes, sans l'hypothèse du gaz Geocoronium.

SUR LES TRAJECTOIRES

DES CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

sous l'action du magnétisme terrestre

avec application aux aurores boréales, etc.

(Second mémoire [1])

PAR

Carl STÖRMER

(Suite et fin [2])

(Avec les planches VI, VII et VIII)

25. *Photogramme d'une draperie d'aurore observée à Bossekop le 10 mars 1910.*

Après cette digression sur l'absorption des rayons corpusculaires, nous allons revenir à notre sujet, consistant à faire une comparaison détaillée entre la théorie et une série de photogrammes d'aurore boréale.

Parmi des photogrammes obtenus par l'expédition à Bossekop, il y en a un d'un intérêt particulier, c'est une draperie d'aurore voisine du zénith, photographiée le 10 mars à 9 h. 4 m. 46 s., heure moyenne de l'Europe centrale, avec les plaques *Lumière* (*à étiquette violette*).

Cette draperie est remarquable en ce que son bord inférieur était à une altitude assez grande, 125 km. au-dessus du sol.

[1] Pour le premier mémoire, voir *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève 1907, t. XXIV, p. 5, 113, 221, 317.

[2] Voir *Archives*, août 1911, p. 177, septembre, p. 190, octobre, p. 277, novembre, p. 415, décembre, p. 501 et janvier 1912, p. 51.

Sur la planche VI on voit des reproductions des négatifs[1]). On y voit, mais un peu difficilement les étoiles α, β, γ, δ et ε de la Grande Ourse.

La figure 30 montre le dessin fait d'après les négatifs. Le contour en traits pleins représente la draperie vue de la station *Alten Kirke*, celui en pointillé la draperie vue de la station *Övre Alten Skole*.

Le calcul de l'altitude et de la situation de l'aurore a été fait avec la machine « Brunswiga » et les tables de M. *Lohse: Tafeln für numerisches Rechnen mit Maschinen*. A cet effet on s'est servi de centièmes de degrés au lieu des minutes et secondes d'arc. Nous allons exposer ce calcul:

Il faut d'abord calculer D, B_1 et B_2 en choisissant comme étoiles α et β les étoiles des mêmes noms appartenant à la Grande Ourse.

On a, avec les notations du paragraphe 23:

$$\varrho_1 = 164°55, \qquad \delta_1 = 62°24$$
$$\varrho_2 = 164°10, \qquad \delta_2 = 56°86$$

ce qui donne

$$B_1 = 2°7, \qquad B_2 = 2°3$$

et

$$D = 5°38$$

On en tire la direction du cercle de déclinaison passant par l'étoile α; l'échelle de la figure est fixée par la valeur de D.

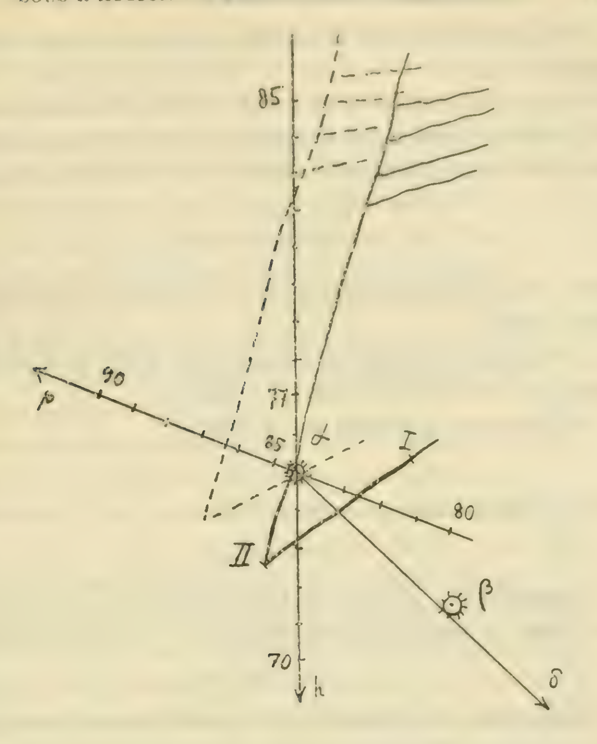
Comme les coordonnées de la station Alten Kirke sont connues (voir § 22), on calculera[2], à l'aide de la « Connaissance des temps », le temps sidéral à cette station au moment de la pose; il se trouve égal à 8 h. 48 m. 15 s.

Cela donne l'angle horaire de l'étoile α:

$$t = 360° - 32°49$$

[1] On a d'abord pris des diapositifs des négatifs originaux et ensuite des nouveaux négatifs de ces diapositifs. Voir aussi le rapport complet. Les négatifs originaux qui sont reproduits dans ce rapport, ont été un peu abimés après la copie des diapositifs. On y trouve aussi d'autres reproductions d'après des copies des négatifs originaux.

[2] Pour les détails, voir le rapport complet (cité au § 21).



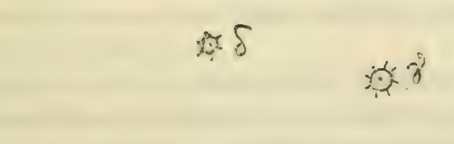


Fig. 30

D'après la formule pour h, on en déduit

$$h = 75°02'$$

Ensuite

$$a = 360° - 75°24$$
$$k = - 45°38$$

et on peut tirer la direction du cercle vertical passant par α et y marquer les degrés.

Il s'agit maintenant de calculer λ et u, pour cela, il faut connaître $a-a_0$.

Or, a_0 était l'azimuth du point où la direction de la station I à la station II rencontre la sphère céleste. D'après les coordonnées des stations on aura alors $a_0 = 360° - 7°82$, ce qui donne

$$u = 84°35$$
$$\lambda = 360° - 68°31$$

et on marque la direction p de la parallaxe et les degrés sur cette ligne.

Cela posé, calculons la situation du bord de la draperie au point où elle fait son passage à l'étoile α.

On trouve en mesurant sur la figure

$$p = 1°9$$

d'où en remarquant que $g = 4{,}28$ km :

$$r = 129 \text{ km.}$$

Comme ici $x = r \cos h$ n'est que de 33 km., on peut calculer H d'après la formule la plus simple, $H = r \sin h$, ce qui donne

$$H = 125 \text{ km.}$$

La situation peut ensuite être immédiatement marquée sur une carte, x et l'azimuth a étant connus.

De la même manière, on trouve la hauteur du point I égale à 181 km.

Au niveau du bord inférieur de la draperie un degré représente une longueur de 2,25 km. ; par conséquent la partie représentée sur la figure a une extension d'environ 30 km. et toute la draperie photographiée environ 100 km.

Enfin, on trouve pour l'épaisseur du bord inférieur une limite supérieur de 450 mètres.

Passons maintenant à la comparaison avec la théorie.

Dans mon mémoire de Genève, 1907, j'ai fait une étude détaillée des conditions suffisantes pour qu'un faisceau de corpuscules s'approchant de la terre se déforme de manière à présenter à l'entrée de l'atmosphère l'aspect d'une draperie. En particulier nous allons considérer ici les rayons auroraux dont la juxtaposition forme la draperie en question.

Quant à un pareil rayon, je disais *l. c.* § 18 :

« Considérons maintenant les corpuscules correspondant à la « même valeur de $H_0 z_0$ et dont les directions d'émission ne dif- « fèrent que très peu d'une des directions distinguées D_γ. Les « trajectoires correspondantes sont alors situées au voisinage de « la trajectoire passant par l'origine, correspondant à « la direction D_γ. En suivant les corpuscules le long « de ces trajectoires, on trouvera donc qu'un nombre « toujours croissant de ces corpuscules rebroussent « chemin à mesure qu'on s'approche de la terre, en « faisant des spirales comme les géodésiques d'un « cône (voir la figure 31).

« Ces spirales deviennent de plus en plus étroites à « mesure qu'on s'approche de la terre et à l'entrée de « l'atmosphère, il ne reste du faisceau qu'un étroit « rayon auroral », formé de trajectoires spirales très « voisines de la trajectoire par l'origine. Parce que ce « rayon vient du dehors, ses parties supérieures sont « diffuses et la luminosité augmente vers le bas, pour « disparaître brusquement, quand la vitesse des cor- « puscules est assez réduite par la résistance de l'air.

« Quant à la direction d'un tel rayon auroral, *elle « suivra comme la trajectoire par l'origine une ligne de « force magnétique.* »

Fig. 31

A cette époque j'avais admis l'existence dans un pareil rayon auroral de toutes sortes de trajectoires spirales, depuis la trajectoire par l'origine sans rotation autour de la ligne de force, jusqu'aux trajectoires comme celle de la figure 31.

En d'autres termes, pour parler mathématiquement, l'endroit *théorique* où la trajectoire vient en arrière pouvait d'après mon hypothèse être situé partout, depuis le centre de la terre (« l'origine ») jusqu'aux limites de l'atmosphère (voir la figure 32, *a*).[1]

En admettant ainsi que le rayon auroral était formé de rayons de toutes ces espèces, j'obtenais pour sa largeur la valeur $\frac{\Delta^3}{c^2}$ centimètres, Δ étant la distance du centre de la terre aux

[1] C'est seulement une figure schématique.

aurores en centimètres, et

$$c = \sqrt{\frac{M}{H_0 \varrho_0}}, \quad M = 8{,}52.10^{25}$$

On arrive au même résultat en cherchant le rayon de courbure d'une trajectoire normale aux lignes de force et en supposant alors la largeur égale au double de ce rayon, comme à l'endroit de retour d'une trajectoire spirale.

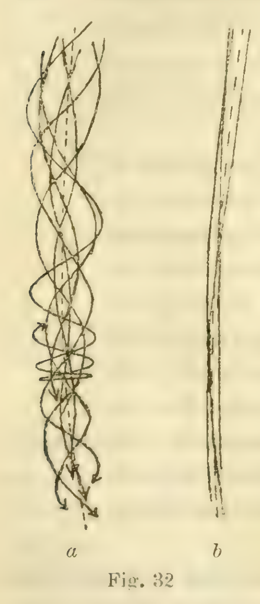


Fig. 32

Dans son article dans les *Archives* du mois d'août 1911[1], mon collègue M. Kr. Birkeland dit, relativement à l'explication des rayons auroraux :

« ..... que les rayons d'aurore bo-
« réale sont produits par de discrets
« faisceaux de rayons cosmiques qui
« sont projetés vers la terre, presque
« exactement le long des lignes de force
« et sans rotation sensible autour de
« celles-ci. Les rayons cosmiques qui
« pénètrent ainsi dans l'atmosphere
« sont complètement absorbés, de telle
« sorte qu'ils ne retournent jamais dans
« l'espace.

« On voit que cette explication des
« rayons d'aurore boréale est bien diffé-
« rente des idées de Villard et Störmer. »

D'après cela, M. Birkeland ne conserve des trajectoires admises dans mon hypothèse, que celles immédiatement voisines de la trajectoire par l'origine[2] et n'ayant qu'une rotation négligeable autour des lignes de force (voir la figure 32, *b*). Il *rejette*

[1] Voir aussi le texte norvégien de cet article dans le *Teknisk ugeblad*, 2 et 9 décembre 1910, Christiania.

[2] Par conséquent, les conditions pour la formation des draperies peuvent *néanmoins* être déduites des propriétés des trajectoires par l'origine, comme je l'ai fait voir dans mon mémoire de 1907. Quant à la nouvelle idée que M. Birkeland a lancée là-dessus (voir *l. c.*), elle me semble provoquer des objections sérieuses, cependant, nous préférons, avant d'en faire la critique, voir publiée l'explication détaillée.

ainsi toutes celles ayant leur point de retour dans le rayon auroral même.

Il est bien possible que les rayons auroraux soient constitués comme le croit M. Birkeland ; les phénomènes d'absorption semblent aussi militer en faveur de cette explication.[1]

Nous allons considérer sous ces différents points de vue la draperie photographiée le 10 mars 1910 :

I. *D'après mon hypothèse de 1907.*

L'épaisseur du bord inférieur de la draperie serait alors égale ou supérieure à la largeur des spires ayant leur point de retour dans ce bord ; si la largeur de la draperie est b centimètres on aura donc

$$H_0 \varrho_0 \frac{\Delta^3}{M} \leqq b$$

c'est-à-dire

$$H_0 \varrho_0 \leqq \frac{bM}{\Delta^3}$$

En y substituant la valeur observée,

$$b = 45000 \text{ centimètres}$$

et les valeurs

$$M = 8{,}52 . 10^{25}$$
$$\Delta = 6{,}5 . 10^{8}$$

on trouve

$$H_0 \varrho_0 < 15\,000$$

Cette hypothèse conduit donc à un nombre bien inférieur à la valeur 3.10^6 indiquée par M. Kr. Birkeland pour les corpuscules auroraux.[2]

Le nombre trouvé fait voir que la draperie doit être formée des corpuscules négatives du genre des rayons β et des rayons cathodiques ; l'hypothèse de rayons α doit ici être écartée, parce que pour ces rayons $H_0 \varrho_0$ est de l'ordre de 300 000.

Pour expliquer la situation de la draperie située si loin (23°) de l'axe magnétique, il faut recourir à l'explication exposée dans la seconde partie de ce mémoire (voir § 19).

[1] Voir M. Lenard : *Ueber die Absorption der Nordlichtstrahlen*, etc., cité dans l'introduction, et M. A. Wegener : *Thermodynamik der Atmosphäre*, p. 11.

[2] D'abord M. Birkeland avait dit 7.10^6 : la valeur 3.10^6 est d'après ses dernières mesures.

II. *D'après l'idée de M. Kr. Birkeland relative aux rayons auroraux.*

Alors les trajectoires des corpuscules dans la draperie suivent les lignes de force magnétiques et seront à peu près rectilignes en faisant un certain angle ϑ avec la verticale.

Cet angle peut être mesuré sur les photogrammes en calculant les situations des points I et II (voir figure 30). Vu que les parties correspondantes sur les photographies sont diffuses, la détermination de l'angle n'est pas très correcte. Cependant j'ai trouvé

$$\vartheta = 14^\circ \text{ environ}$$

en d'autres mots, les rayons auroraux font avec l'horizon un angle de 76°, ce qui est très voisin de la valeur à Bossekop de l'inclinaison de l'aiguille aimantée.

Faisons maintenant l'application des lois d'absorption développées dans le paragraphe précédent.

Supposons d'abord la draperie formée de corpuscules négatifs.

Alors, d'après le *calcul de M. Lenard*, sans atmosphère supérieure d'hydrogène, l'altitude 125 km. correspond à

$$\frac{a}{\cos\vartheta} = 3{,}4 \text{ environ}$$

Comme d'autre part

$$\frac{1}{\cos\vartheta} = \frac{1}{\cos 14^\circ} = 1.03$$

on aura ainsi

$$a = 3{,}5 \text{ environ}$$

Mais cela fait voir que l'on a *des rayons cathodiques ordinaires*. Supposons ensuite que la constitution de l'atmosphère soit celle indiquée par M. Wegener, mais sans géocoronium. En consultant la planche, on voit donc que

$$a = 0{,}3 \text{ environ}$$

donc encore des rayons cathodiques.

Enfin, avec l'existence du géocoronium, on trouve encore un nombre du même ordre de grandeur.

Donc, en supposant des corpuscules négatifs, on trouve que ces corpuscules ne seront pas plus pénétrants que les rayons cathodiques ordinaires, donc le produit $H_0\rho_0$ *sera encore plus petit que dans l'hypothèse I.*

Il reste à faire l'hypothèse *que la draperie soit formée de corpuscules positifs.*

Comme dans ce cas nous n'avons pas de calculs précis pour l'absorption, il est plus difficile de tirer des conclusions. Cependant, d'après M. Vegard, *le bord inférieur si marqué* de la draperie semble militer en faveur de l'hypothèse des corpuscules positifs.

On voit quels résultats intéressants on pourrait tirer de nouveaux photogrammes bien réussis de draperies d'aurores. Il y a aussi, dans mon rapport détaillé sur l'expédition à Bossekop, en tout 40 photogrammes d'aurore reproduits comme négatifs, ce qui constitue de précieux matériaux d'étude.

26. — *Photogrammes de l'arc d'aurore boréale au-dessus de Christiania, le 22 février 1911*

A raison du succès de l'expédition à Bossekop, il me semblait d'être d'une grande importance d'obtenir des photogrammes du même genre à Christiania (latitude 59° 54′ 44″, distance angulaire de l'axe magnétique environ 30°). Cependant, les aurores visibles ici sont beaucoup plus rares qu'à Bossekop, dont la distance à l'axe magnétique est d'environ 23°.

Grâce à la bienveillance des institutions publiques, j'eus à ma disposition une ligne de téléphone entre l'observatoire de Christiania et l'école d'agriculture à Aas, ce qui constituait une base de 27.62 kilomètres. La station d'Aas est située au sud de Christiania et un peu vers l'est, de telle sorte que la direction de Christiania à Aas forme un angle de 5° 36′ 54″ avec le méridien passant par Christiania.

J'eus à ma disposition, comme observateur à Aas, M. *Bjarne Bjerke*, professeur à l'école d'agriculture.

Le 22 février 1911, nous eûmes la chance de prendre des photogrammes bien réussis d'un splendide arc auroral s'étendant de l'ouest à l'est en passant près du zénith.[1]

[1] Au début de l'aurore, la lumière zodiacale brillait avec une intensité peu commune. J'obtins alors une photographie qui se trouve reproduite comme négatif dans ma note : Photographies de la lumière zodiacale, *Vidensk. Selsk. Skrifter* 1911, Christiania.

Nous allons d'abord donner une courte description de l'aurore de ce soir-là.

Elle commença aussitôt après le coucher du soleil, sous la forme d'un arc diffus vers le nord magnétique; peu à peu cet arc s'éleva successivement jusqu'à une hauteur de 20° au-dessus de l'horizon et se transforma ensuite en rayons et draperies, vers 8 h. 15 m. (temps moyen de l'Europe centrale).

A 8 h. 50 m. environ, un arc remarquable commença à paraître, d'abord d'une lumière faible, mais qui acquit peu à peu une intensité splendide. Cet arc, qui était bien limité et très tranquille, avait l'aspect d'un immense rayon de projecteur électrique et s'étendait de l'horizon à l'ouest jusqu'à l'horizon à l'est en passant près du zénith.

L'arc était en mouvement très lent vers le sud. A 9 h. 48 m. il s'affaiblit et disparaît aussitôt après. Après la disparition de l'arc, une lumière diffuse continuait vers le nord; peu à peu elle se concentrait en un arc diffus comme au début de l'aurore; cet arc devenait de plus en plus accentué pour se transformer en belles draperies jaune-vertes, à 11 h. 03 m. précises. Les observations furent alors suspendues.

Nous prîmes toute une série de photogrammes des diverses phases de l'aurore; cependant, la plus grande partie des photographies réussirent mal; mais nous eûmes la chance d'obtenir quelques-unes d'un grand intérêt. Comme plaques photographiques nous avions les plaques *Lumière à étiquette violette* et les plaques *Ultra rapid* de *Hauff*, Feuerbach, toutes les deux sensibles uniquement aux rayons bleus et violets.

Il me semblait que la lumière de l'arc par le zénith ne devait guère contenir de rayons bleus et violets; en effet, malgré une pose ayant duré jusqu'à 20 secondes, il n'était presque pas possible de la photographier et cependant une pareille luminosité suffisait à Bossekop pour obtenir des bonnes photographies avec une pose de 2 à 5 secondes au plus. Cela semble indiquer que la lumière de l'arc était constituée presque exclusivement par la raie principale jaune-verte 577 $\mu\mu$ des aurores boréales.[1]

De cet arc nous prîmes en tout sept photographies simultanées de Aas et de Christiania, mais il n'y eut que celles prises

[1] Voir Alfred Wegener; Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. *Physikalische Zeitschrift*, 1911, p. 14.

à 8 h. 58 m. qui furent assez bonnes pour qu'on pût en tirer la parallaxe. A cause de la faiblesse des négatifs, nous n'en donnons ici qu'un dessin :

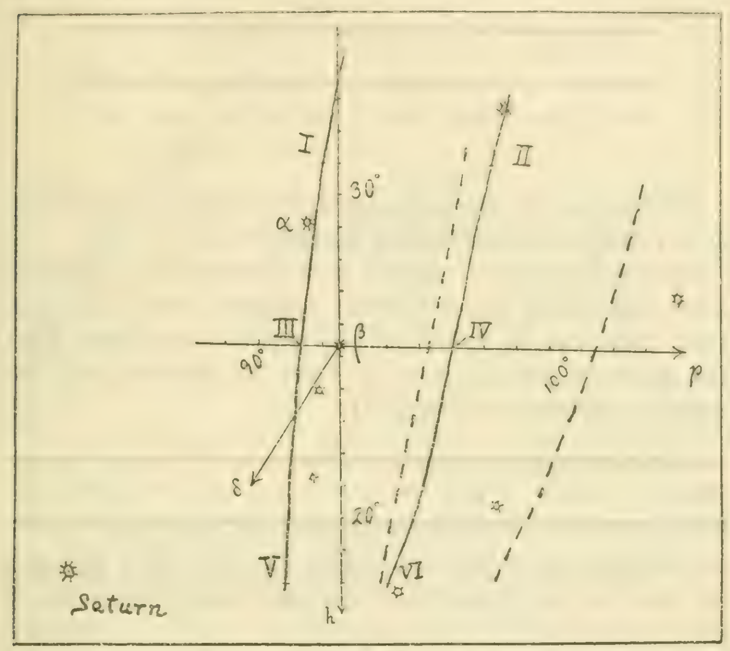


Fig. 33

On y voit les étoiles α et β du Bélier (Aries). Les contours de l'arc vu de Christiania sont en trait plein, et en pointillé celui vu de Aas. C'était la partie occidentale de l'arc : celui-ci s'étendait de l'horizon à l'ouest, par le zénith (à peu près), jusqu'à l'horizon de l'est.

Passons maintenant au calcul de l'altitude et de la situation de cet arc auroral. De la manière indiquée dans le § 23, on calculera d'abord la distance D entre les étoiles α et β du Bélier et les angles B_1 et B_2 que fait le grand cercle passant par ces étoiles avec les cercles de déclination respectifs.

On trouve

$$B_1 = 48.6$$
$$B_2 = 47.5$$
$$D = 4.00$$

Cela donne l'orientation et l'échelle du dessin.

Ensuite ou trouve que le temps sidéral à Christiania, au moment de la pose, était 6 h. 47 m., ce qui donne pour l'étoile β Arietis :

t	h	a	k	u	λ
74°3	25°4	87°2	32°3	180°−87°.5	180°−88°.8

D'après cela, on tire sur le dessin le vertical et la direction de la parallaxe et y marque les valeurs de h et u.

Nous avons calculé l'altitude et la situation de 6 points de l'arc, indiqué par par des lettres romaines (voir la fig. 33). Pour l'influence de fautes dans la mesure, nous avons aussi fait le calcul pour $p \pm 0°,5$. Voici les résultats, avec les notations précédentes (voir § 23) :

Point	$u+p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
I	180 − 83.7	3.9 4.4 4.9	31	404 358 321	346 307 275	208 184 165	217 191 173	335 298 268	86.7
II	180−78	4.3 4.8 5 3	31	360 323 293	309 277 251	185 166 151	193 172 156	300 270 245	92.8
III	180−84.7	3.5 4 4.5	25.4	450 394 350	407 356 317	193 169 150	206 179 158	394 346 309	85.8
IV	180−79.5	3.9 4.4 4.9	25.4	398 353 317	359 319 286	171 151 136	180 159 142	349 311 280	91.1
V	180−86.2	2.3 2.8 3.3	18	687 564 479	653 537 455	212 174 148	245 196 164	631 521 444	85.4
VI	180−82.6	2.8 3.3 3.8	18	561 476 413	533 452 393	173 147 128	195 163 140	517 441 385	88.7

En marquant, d'après ces dates, les points I et II, etc. sur une carte, on trouve que la partie photographiée avait la situation suivante :

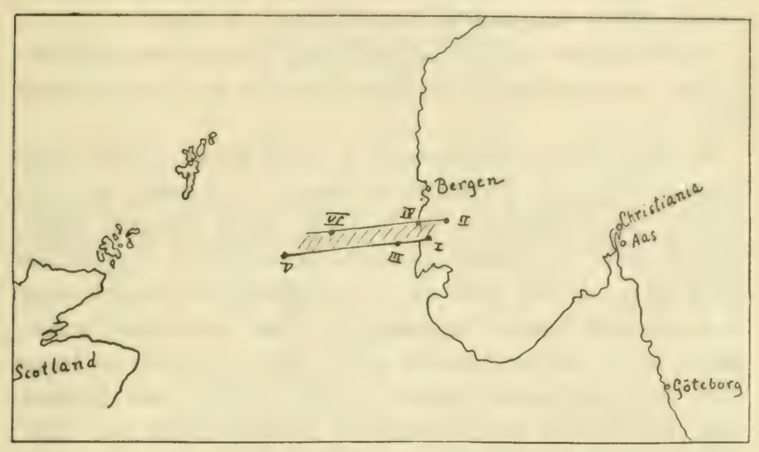


Fig. 34

On en tire que la largeur de l'arc était d'environ 30 km. Si l'altitude était à peu près la même partout, la partie visible de Christiania s'étendait depuis St-Pétersbourg jusqu'à l'ouest de l'Ecosse[1].

C'est un fait très remarquable que, à Stockholm, le jour avant, le 21 février, depuis 7 h. 57 m. jusqu'à 8 h. 39 m. du soir, il se montrait[2] un arc tout à fait pareil, passant par le zénith et s'étendant depuis l'horizon de l'est à l'horizon de l'ouest.

A Christiania, le ciel était découvert ce soir, mais l'arc était vu à Fredrikshald (situé 95 km. au sud-est de Christiana), par H. Schibsted, étudiant de philologie, qui m'a envoyé une description détaillée du phénomène.

Aussi ai-je reçu des différentes parties de la Norvège des descriptions de l'aurore du 22 février, mais nous omettons

[1] Dans un article : Het Poollicht van 22 Februari 1911, *Hemel en Dampkring*, Juli 1911, j'ai donné encore quelques détails que nous omettons ici.

[2] D'après une communication de M. Bohlin, directeur de l'observatoire de Stockholm.

ces descriptions ici d'autant plus que les aurores, ce soir et le soir précédent, seront sujet d'un mémoire particulier de M. Stenquist, à Stockholm[1].

Nous allons comparer les observations et la théorie :

Ce phénomène d'un arc auroral peut, d'après mon mémoire de 1907, être expliqué de la même manière que le phénomène d'une draperie :

En effet, comme je l'ai montré, il arrive pour certaines situations de la surface d'émanation (située sur le soleil), par rapport à l'axe magnétique de la terre, *qu'un faisceau ayant, près du soleil, une section circulaire, se déforme en s'approchant de la terre, de telle sorte qu'il sera allongé énormément dans la direction de l'ouest-est magnétique ; à leur entrée dans l'atmosphère, les rayons du faisceau seront alors distribués en forme d'un arc* ; ces rayons seront en effet compris dans l'espace très étroit, entre deux surfaces de révolution très peu différentes, ayant l'axe magnétique comme axe commun[2] (voir la fig. 35).

Quant à ces positions relatives entre le soleil et la terre, je disais (*loc. cit.*, § 18) :

« D'un autre côté on a beaucoup d'exemples de ce fait qu'un phénomène auroral ou une perturbation magnétique peuvent *se répéter quelques jours de suite, presque à la même heure, pour s'évanouir ensuite.* Si l'on remarque que les positions relatives de la terre et du soleil changent périodiquement en vingt-quatre heures, ces phénomènes trouvent aussi leur explication par ce qui précède, les positions favorables se reproduisant chaque fois que le phénomène apparaît de nouveau. »

C'est cela qui est arrivé avec cet arc d'aurore boréale ; en effet, le jour avant, le 21 février, il y avait un arc tout à fait pareil entre 7 h. 57 m. et 8 h. 39 m., tandis que l'arc du 22 février apparut entre 8 h. 50 m. et 9 h. 48 m.

En calculant l'angle ψ entre la direction de la terre au centre

[1] D'après une lettre qu'il m'a écrite.

[2] Ce phénomène de déformation du faisceau subsiste encore si l'on suppose l'existence d'un champ magnétique extérieur à la terre, et même avec l'hypothèse d'un champ magnétique solaire. La démonstration nous entraînerait cependant trop loin.

du soleil, et l'axe magnétique de la terre (vers les régions arctiques) ont trouvé les valeurs [1] :

Epoque	ψ
21 février 7h 57m	91°31
» 8h 39m	92°53
22 février 8h 50m	92°54
» 9h 48m	94°70

Quant à la forme du faisceau avant qu'il rencontre la terre, elle peut être très compliquée, comme nous le savons d'après

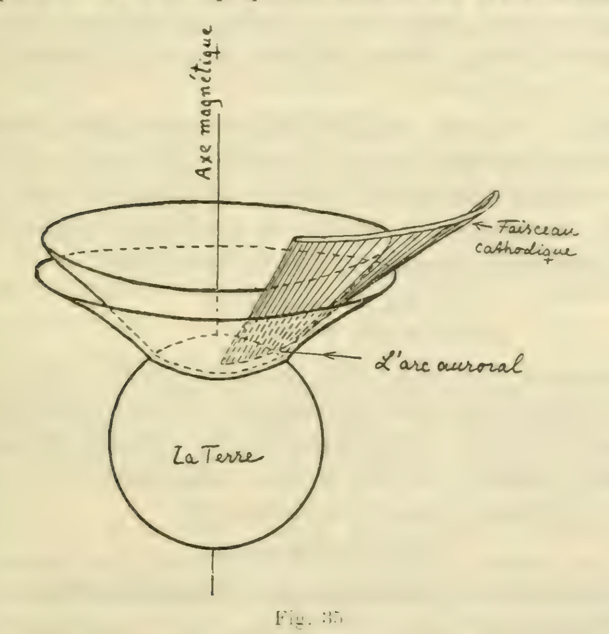


Fig. 35

les calculs des trajectoires de corpuscules dans le champ d'un aimant élémentaire (voir mon mémoire de 1907) : il peut, par exemple, entourer la terre plusieurs fois avant de rencontrer l'atmosphère.

[1] Le problème revient à trouver la hauteur du soleil au-dessous de l'horizon au point M, où l'axe magnétique coupe la surface de la terre (latitude 78°9 N, longitude 72°13 à l'ouest de Greenwich à l'époque en question).

Maintenant passons à la forme probable des trajectoires des corpuscules dans l'arc auroral.

Comme l'arc était assez diffus et sans rayons, l'hypothèse que les trajectoires étaient rectilignes, et avec direction égale à celle des lignes de force magnétique, ne semble pas bien justifiée. Aussi cette hypothèse entraînerait une pénétrabilité très petite des corpuscules, de l'ordre des rayons cathodiques où $a \overline{\gtrless} 0,6$, en se basant sur l'hypothèse de M. Wegener, relative à la constitution de l'atmosphère.

Il me semble, au contraire, probable que les trajectoires avaient ici la forme spirale que j'ai indiquée dans mon mémoire de 1907 (voir la fig. 31) avec point de retour dans le bord inférieur de l'arc[1].

Alors on trouvera, comme dans le paragraphe précédent, une limite supérieure de $H_0\rho_0$ en mesurant la largeur de l'arc. Cette largeur était environ 30 km., et comme, d'autre part, la force magnétique, à l'endroit où était située la partie photographiée, était environ 0.45 C.G.S., cela donne

$$H_0\rho_0 < 0,45.1\,500\,000$$
$$\text{c. a. d. } H_0\rho_0 < 680\,000$$

Cherchons, d'un autre côté, la valeur de $H_0\rho_0$ qu'on tire de la situation de l'arc sans supposer un champ magnétique extérieur. On voit, en se rapportant à la figure 23, que la distance angulaire de l'arc à l'axe magnétique est environ 30°, ce qui donne, d'après la table du § 19 :

$$H_0\rho_0 > \text{trois millions}$$

Mais cela est en contradiction avec la limite supérieure trouvée plus haut.

Le désaccord disparaît cependant si l'on fait l'hypothèse que la situation de l'arc est causée par l'action d'un anneau corpusculaire extérieur, conformément à la théorie développée dans la deuxième partie du présent mémoire.

Il faut alors que l'action de cet anneau observé à la surface de la terre soit de l'ordre du 140 γ, ce que nous n'avons

[1] M. Wegener est, relativement aux arcs d'aurore, de la même opinion que moi (voir son livre, *Thermodynamik der Atmosphäre*, p. 11).

pas eu l'occasion de constater ; mais, comme nous l'avons dit dans le § 19, cette action peut bien être dissimulée et troublée par l'orage magnétique qui, probablement, accompagnait l'aurore.

Il y a là des recherches intéressantes à faire.

Signalons aussi, pour la prochaine fois qu'on aura l'occasion de prendre des photogrammes d'un arc auroral, des points importants qu'il faut surtout avoir en vue : *l'arc auroral reste-t-il toujours à la même altitude, ou bien descend-il jusqu'à un minimum d'altitude pour se lever ensuite et disparaître quand l'altitude est devenue si grande que les corpuscules ne peuvent plus exciter la luminosité de l'atmosphère ?*

La circonstance que les photographies, au début de l'apparition de l'arc, échouaient, indique une lumière sans rayons bleus et violets, ce qui semble militer en faveur d'une très grande altitude[1] ; l'échec n'était pas causé par des fautes dans les plaques ; en effet les étoiles photographiées sont bien visibles. Aussi ce phénomène d'une altitude variable semble résulter d'une recherche sur un arc pareil observé en Suède le 2 janvier 1897, par M. *Karl Bohlin*[2].

Ce qui est remarquable, c'est que *ce phénomène admette une explication théorique très simple*. Pour plus de simplicité, restons dans les hypothèses qui servent de base au mémoire de 1907.

Supposons, à cet effet, que le soleil émet un faisceau de corpuscules dirigé vers la terre, et que la direction du faisceau varie de manière à passer au voisinage d'une des « directions distinguées », sans cependant coïncider avec cette direction. Comme la direction distinguée est, par définition, une direction d'émanation telle que la trajectoire correspondante passe par « l'origine » (pour parler dans le sens mathématique du dit mémoire), et comme la distance minimum, de l'origine à la trajectoire, va en croissant, si la direction

[1] Voir aussi Wegener, *Thermodynamik der Atmosphäre*, p. 56.

[2] Voir : Ueber eine sonderbare Nordlichterscheinung, etc. *Bihang til K. Svenska Vet. Akad. Handlingar*, Band 24.

d'émanation s'écarte de cette direction distinguée, il est facile à se rendre compte comment le phénomène se développera :

D'abord, le faisceau ne rencontre pas l'atmosphère, mais la distance de la terre au bord du faisceau, où les trajectoires spirales rebroussent chemin pour s'éloigner ensuite, décroît de plus en plus ; à un moment donné, ce bord rencontre les parties les plus hautes de l'atmosphère en excitant la luminosité. Celle-ci croît de plus en plus, à mesure que le bord descend. Comme la direction d'émanation ne passe pas par une des « directions distinguées », on ne verra pas des rayons auroraux, mais l'arc conserve son caractère en devenant seulement de plus en plus intense, jusqu'au moment où l'écart entre la direction d'émanation et la direction distinguée est un minimum ; ensuite, le bord du faisceau monte, et enfin l'arc disparaît de la même manière qu'il a commencé.

Il serait extrêmement intéressant, une autre fois, de vérifier l'existence de ce phénomène prévu par la théorie.

27. *Photogrammes d'une aurore boréale rayonnée, vue de Christianias et de Aas, le 8 avril 1911. Comment on peut calculer le signe de la charge et le produit $H\rho_0$ des corpuscules, si l'on réussit à obtenir le photogramme d'un rayon auroral spiral.*

Les deux stations Christiania et Aas étaient en fonction tout l'hiver, jusqu'au mois de juin 1911, pour prendre des photogrammes d'aurore. Cependant, après l'aurore du 22 février, il n'y eut plus d'aurore utilisable que le 8 avril.

Ce soir-là, j'étais à Dröbak, petite ville à 30 km. environ au sud de Christiania. J'avais chargé mon compagnon de l'expédition à Bossekop, M. B.-J. Birkeland, de surveiller les stations Christiana-Aas, et de fonctionner pour moi dans le cas d'une aurore boréale.

Malgré un clair de lune superbe, j'aperçus, à 9 h. 24 m., ce soir là, un arc auroral vers le nord. A 9 h. 25 m. 40 s.,

il se forma une draperie au-dessous de l'arc, et comme j'étais maintenant tout à fait assuré que c'était une aurore boréale, j'avertis, par téléphone, mon assistant à Christiania, et lui demandai de se dépêcher à établir les stations pour prendre des photographies.

A cause des difficultés avec la ligne de téléphone, les stations ne furent établies qu'à 11 h. 13 m.

Cependant, je suivis de Dröbak [1] le développement de l'aurore. Voici un résumé des observations [2] :

9 h. 28 m. 40 s. Vénus au bord supérieur.

9 h. 33 m. 40 s. Vénus au milieu de l'arc.

9 h. 37 m. 40 s. La hauteur du bord supérieur est la moitié de la hauteur de l'étoile γ Cassiopeia. L'épaisseur de l'arc égale à la distance entre α et β Aurigæ.

9 h. 44 m. 40 s. Vénus au bord inférieur de l'arc.

9 h. 46 m. 40 s. Un deuxième arc plus faible à NE au-dessus du premier arc, avec Deneb dans le bord inférieur [3].

10 h. 4 m. 40 s. L'arc supérieur a disparu.

10 h. 7 m. 40 s. à 10 h. 8 m. 40 s. Des draperies faibles au-dessous de Cassiopeia.

10 h. 11 m. 40 s. L'arc est devenu plus intense. Les Pléiades sont au bord supérieur.

10 h. 16 m. 40 s. Les Pléiades au bord supérieur.

10 h. 21 m. 40 s. L'étoile γ Andromedæ au bord supérieur, l'épaisseur de l'arc près de cette étoile égale à la distance entre Castor et Pollux.

10 h. 22 m. 40 s. Les Pléiades au milieu de l'arc.

10 h. 29 m. 40 s. L'arc se transforma en rayons de manière à *former une draperie superbe en couleurs rouge et verte.* Les rayons s'étendaient depuis au-dessus de Cassiopeia, jusqu'à une hauteur au-dessus de l'horizon égale à la distance α à β Aurigæ.

[1] Situation du lieu d'observation : Latitude 59°39'3, longitude 10°38'2 à l'est de Greenwich.

[2] Le temps est le temps moyen de l'Europe centrale. Le temps fut observé à une minute près ; c'est pour cela que figurent partout les 40 s., causées par la correction de la montre.

[3] Viennent ensuite quelques dessins de la situation de l'arc, entre Vénus et les Pléiades que nous omettons ici.

10 h. 31 m. 40 s. La draperie commençait à s'affaiblir.

10 h. 33 m. 40 s. Vers l'Ouest, l'arc comme auparavant avec Aldebaran au bord supérieur. La draperie vers le Nord assez faible.

10 h. 35 m. 40 s. De nouvelles draperies vers le Nord, hauteur du bord inférieur égale à la distance entre Castor et Pollux.

10 h. 36 m. 40 s. Un arc faible passant par Cassiopeia et avec l'ancien arc à la demi hauteur.

10 h. 39 m. 40 s. L'arc supérieur disparu, sauf vers l'Ouest.

10 h. 41 m. 40 s. γ Andromedæ dans le bord supérieur de l'arc principal.

10 h. 44 m. 40 s. Des longs rayons ici et là sur l'arc.

10 h. 57 m. 40 s. γ Andromedæ au bord supérieur de l'arc.

10 h. 58 m. 40 s. Draperie forte et tranquille au-dessous de Cassiopeia. Hauteur du bord inférieur égale à la distance α à β Aurigæ.

Les observations furent arrêtées bientôt après à 11 h. 8 m. Cependant l'aurore continuait de briller. A 11 h. 24 m. 40 s., il y avait un arc intense au-dessous de β Tauri et à 12 h. 45 m. 40 s., un arc intense et assez diffus, bas vers le Nord. Même à 2 h. du matin l'aurore continuait de briller [1].

Comme nous l'avons dit, les stations Christiania et Aas n'étaient en ordre qu'à 11 h. 13 m., donc on ne réussit pas à photographier la superbe draperie rouge-verte à 10 h. 30, chose bien à déplorer.

Mais, tout de même, M. *B.-J. Birkeland* et son assistant à Aas, M. *J. Fjeld* [2], réussirent à prendre, depuis 11 h. 13 m. jusqu'à 11 h. 42 m., une série de 15 photogrammes superbes de l'aurore, ce qui donne des documents incomparables pour la mesure de l'altitude d'aurores situées en dehors de la zone de fréquence maximum.

Nous ne donnons ici que deux de ces 15 photogrammes, avec les calculs correspondants.

[1] D'après une communication de l'étudiant Stig Bang.

[2] Remplaçant M. B. Bjerke.

Photogramme pris[1] *à 11 h. 34 m. 30 s. Pose environ 6 s. Plaques Agfa chromo*

Sur la planche VII, on peut voir les deux photographies simultanées d'aurore, celle à gauche prise de Aas, celle à droite de Christiania. Dans le fond, vers le Nord-Ouest, on voit la constellation de Persée, avec l'étoile Algol au milieu de la photographie. Sur la photographie de Aas, l'image est coupée à gauche par une cheminée. Sur l'autre image on peut voir une faute dans la plaque, aux environs de l'étoile γ Andromedæ.

Sur la planche VII, on verra aussi le dessin fait d'après les négatifs. Comme auparavant les contours de l'aurore, vue de Christiania, sont dessinés en trait plein, ceux de l'aurore vue de Aas en pointillé.

Le calcul de position des étoiles donne les résultats (voir le § 23) :

Etoiles	c Persée λ »	ε Persée ν »	ξ Persée ζ »	ε Persée ζ »	ν Persée β »
B_1	180−7.80	180−42.37	14.14	5.05	79.37
B_2	180−8.22	180−44.47	13 50	4.37	73.27
D......	2.66	3.50	4.04	8.16	7.10

Etoiles	δ Persée α »	$\varkappa$ Persée β »	β Persée 16 »	γ Persée $\varkappa$ »	$\varkappa$ Persée γ Andromède
B_1	180−55.06	3.06	53.37	6.08	83.21
B_2	180−58.56	2.88	50.01	5.10	72.03
D......	3.68	3.90	4.30	8 68	12 14

A l'aide de ces valeurs, on peut marquer les cercles de déclinaison passant par les étoiles, et contrôler leurs distances mutuelles. Les petits écarts, causés par la déformation due à l'objectif, sont sans influence appréciable sur le calcul, comparés avec les fautes dans la mesure de la parallaxe.

Cela posé, le calcul fait voir que le temps sidéral, à Chris-

[1] Le temps se rapporte au milieu de la pose.

tiania, au moment de la pose, était 12 h. 21 m. 38 s., d'où l'on tire les valeurs suivantes (quant aux notations, voir le § 23) :

Etoile	t	h	a	k	u	λ
ζ Persée...	180−51.72	10.90	180−42.90	23.63	180−38.62	180−76.06
ν » ...	180−49.37	19.93	180−36.66	23.87	180−36.35	180−60.49
β » (Algol)	180−40.18	15.81	180−30.60	19.65	180−29.30	180−59.70
γ » ...	180−39.17	27.34	180−25.23	20.89	180−33.21	180−37.82

A l'aide de ces valeurs, on tire les verticaux par les étoiles et les directions dans lesquelles il faut mesurer les parallaxes, et sur ces directions on marque les degrés correspondant aux angles h et u.

Tout est prêt maintenant pour mesurer les parallaxes et calculer l'altitude et la situation de l'aurore.

Le tableau suivant montre les résultats pour les points de l'aurore marqués par des lettres latines ; on a aussi fait le calcul pour $p \pm 0^\circ 1$, pour voir l'influence des fautes dans le parallaxe :

Point	$u + p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
		2.5		365	355	84	94	351	
I	180−35.2	2.6	13.3	351	342	81	90	339	180−40.9
		2.7		338	329	78	86	326	
		2.4		402	380	133	144	371	
II	180−37.6	2.5	19.3	386	365	128	138	358	180−41.3
		2.6		371	351	123	132	345	
		1.7		472	466	76	93	460	
III	180−30.5	1.8	9.3	446	440	72	87	435	180−36.6
		1.9		423	417	68	82	409	
		1.8		472	458	114	130	447	
IV	180−32.5	1.9	14	448	434	108	123	428	180−37.4
		2.0		425	413	103	116	409	
		1.7		534	507	169	188	492	
V	180−35	1.8	18.4	504	479	159	177	466	180−37.9
		1.9		478	453	151	166	441	
		1.7		573	527	225	246	511	
VI	180−38	1.8	23.1	541	498	212	231	479	180−38.8
		1.9		513	472	201	218	454	

Point	$u + p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
		1.7		454	449	69	84	441	
VII	180—29.2	1.8	8.7	429	424	65	79	422	180—35.4
		1.9		406	402	61	74	396	
		1.7		497	474	149	166	466	
VIII	180—33.6	1.8	17.5	469	447	141	156	435	180—36.9
		1.9		444	424	134	147	415	
		1.8		385	380	62	73	377	
IX	180—26	1.9	9.3	365	360	59	69	358	180—31.8
		2.0		347	342	56	65	339	
		2.1		356	347	78	87	339	
X	180—29.2	2.2	12.7	339	331	75	83	326	180—34.3
		2.3		325	317	71	79	313	
		1.0		603	596	89	116	588	
XI	180—22.4	1.1	8.5	548	542	81	104	537	180—27.8
		1.2		503	497	74	93	492	
		1.3		511	496	121	140	486	
XII	180—24.8	1.4	13.7	474	461	112	129	447	180—28.0
		1.5		443	430	105	119	422	
		0.9		590	582	97	123	569	
XIII	180—19.2	1.0	9.5	531	524	88	109	518	180—24.0
		1.1		483	476	80	97	466	
		0.5		1093	1069	227	314	1022	
XIV	180—20.2	0.6	12	911	891	189	250	863	180—23.1
		0.7		781	763	162	207	741	
		2.1		394	352	176	185	345	
XV	180—31.5	2.2	26.5	376	336	168	176	326	180—27.5
		2.3		360	322	160	168	313	
		2.0		363	340	128	137	332	
XVI	180—27.3	2.1	20.6	346	324	122	130	319	180—26.9
		2.2		330	309	116	123	307	
		1.7		399	381	120	131	371	
XVII	180—25.4	1.8	17.5	377	360	113	123	351	180—26.8
		1.9		357	341	107	116	339	

Sur ce photogramme, le grand rayon double, III à VIII, est particulièrement intéressant. Il était d'une longueur de 150 km. environ. D'abord, je croyais y voir la forme d'un spiral ; mais le photogramme n'est pas assez distinct pour le décider ; en tout cas, nous avons reproduit aussi en grande échelle la partie du négatif[1] contenant le rayon (voir planche VII).

Photogramme pris à 11 h. 35 m. 30 s. Pose environ 7 s.
Plaques Agfa chromo

Ce photogramme est le meilleur des quinze pris ce soir-là. Dans la reproduction, nous avons choisi une échelle un peu plus grande que pour le photogramme précédent.

Le dessin d'après les négatifs se trouve sur la planche VIII.

Le temps sidéral à Christiania, au moment de la pose, était 12 h. 22 m. 38 s., ce qui donne le tableau :

Etoile	t	h	a	k	u	λ
ζ Persée...	180−51.47	10.82	180−42.70	23.53	180−38.42	180−76.06
c » ...	180−54.88	26.28	180−38.07	27.22	180−40.84	180−55.16
ν » ...	180−49.12	19.85	180−36.48	23.77	180−36.17	180−60.40
β » ...	180−39.93	15.75	180−30.41	19.54	180−29.10	180−59.57
a » ...	180−43.82	25.07	180−29.70	22.54	180−34.22	180−46.57
16 » ...	180−35.57	12.15	180−27.98	17.36	180−25.31	180−62.91
γ Andromède..	180−23.94	13.69	180−18.11	12.09	180−18.45	180−43.12

En construisant les verticaux et les directions de la parallaxe, et en mesurant les parallaxes, on obtient les résultats suivants :

Point	$u+p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
		1.5		511	508	62	82	505	
I	180−29	1.6	7	480	476	58	76	473	180−35.6
		1.7		451	448	55	71	441	
		1.5		528	521	83	104	511	
II	180−30.2	1.6	9	495	489	77	96	486	180−36.2
		1.7		466	460	73	89	454	

[1] Faite d'après le négatif agrandi d'un diapositif qui, à son tour était agrandi d'après le négatif original.

Point	$u+p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
		1.6		480	475	67	84	466	
II′	180−29	1.7	8.3	451	447	63	78	441	180−35.2
		1.8		426	422	59	73	415	
		1.7		519	498	147	165	486	
III	180−33.9	1.8	16.4	490	470	138	156	460	180−37.[illegible]
		1.9		465	446	131	146	435	
		1.4		612	589	169	195	575	
III′	180−32.8	1.5	16	572	549	157	180	537	180−[illegible].2
		1.6		536	515	148	168	498	
		1.7		549	513	195	215	492	
IV	180−36.1	1.8	20.8	518	484	184	202	473	180−38.2
		1.9		491	459	174	190	447	
		2.0		449	422	155	169	409	
IV′	180−34.6	2.1	20.2	428	402	148	160	396	180−37
		2.2		408	383	141	152	377	
		1.2		856	764	386	429	722	
V	180−40.5	1.3	26.8	791	706	356	393	665	180−38.[illegible]
		1.4		734	655	331	369	620	
		1.7		582	522	258	278	498	
V′	180−38.7	1.8	26.3	550	493	244	262	473	180−37.[illegible]
		1.9		521	467	231	247	447	
		1.6		655	568	328	374	537	
VI	180−41.5	1.7	30	617	534	308	329	511	180−38.3
		1.8		583	504	291	310	479	
		2.5		345	335	82	90	332	
VII	180−33	2.6	13.7	332	322	78	87	320	180−35.[illegible]
		2.7		319	310	76	83	307	
		1.8		506	461	207	223	447	
VIII	180−35.1	1.9	24.2	479	437	196	211	422	180−34.6
		2.0		455	415	186	200	403	
		1.6		602	533	281	302	505	
IX	180−37.5	1.7	27.8	567	501	264	283	479	180−34.7
		1.8		535	473	250	267	454	

Point	$u+p$	p	h	r	x	y	H	AC′	a
		1.4		612	551	266	289	530	
X	180−32.8	1.5	25.8	572	515	249	269	492	180−29.4
		1.6		536	482	233	251	466	
		1.5		495	468	163	180	454	
XI	180−28	1.6	19.2	464	439	153	167	428	180−28.6
		1.7		437	413	144	157	403	
		1.5		472	462	97	114	454	
XII	180−26.6	1.6	11.9	443	433	91	106	428	180−31.3
		1.7		417	408	86	99	403	
		1.2		535	528	88	110	518	
XIII	180−24.8	1.3	9.5	511	504	84	104	498	180−29.9
		1.4		474	468	78	95	462	
		0.9		616	610	80	109	601	
XIV	180−20.5	1.0	7.5	554	549	72	96	543	180−26.3
		1.1		504	499	66	85	492	
		1.6		306	300	60	67	300	
XV	180−18	1.7	11.3	288	282	56	63	281	180−19.9
		1.8		272	266	53	59	262	
		2.0		286	276	77	83	275	
XVI	180−21.2	2.1	15.6	273	263	73	79	262	180−23.1
		2.2		260	251	70	75	249	
		1.2		363	354	80	90	351	
XVII	180−16	1.3	12.8	335	327	74	83	326	180−17.1
		1.4		312	304	69	76	306	

C'est bien possible que quelques-unes des parallaxes soient peu précises ; mais, toutefois, chacun peut les mesurer de nouveau sur les clichés reproduits et ainsi contrôler les mesures.

On remarquera le grand rayon auroral, de 300 km. de longueur, se développant du rayon double qu'on voyait sur le photogramme précédent.

On voit confirmé le résultat obtenu à Bossekop, l'existence de l'aurore au-dessus de 350 km. d'altitude, ce qui constitue,

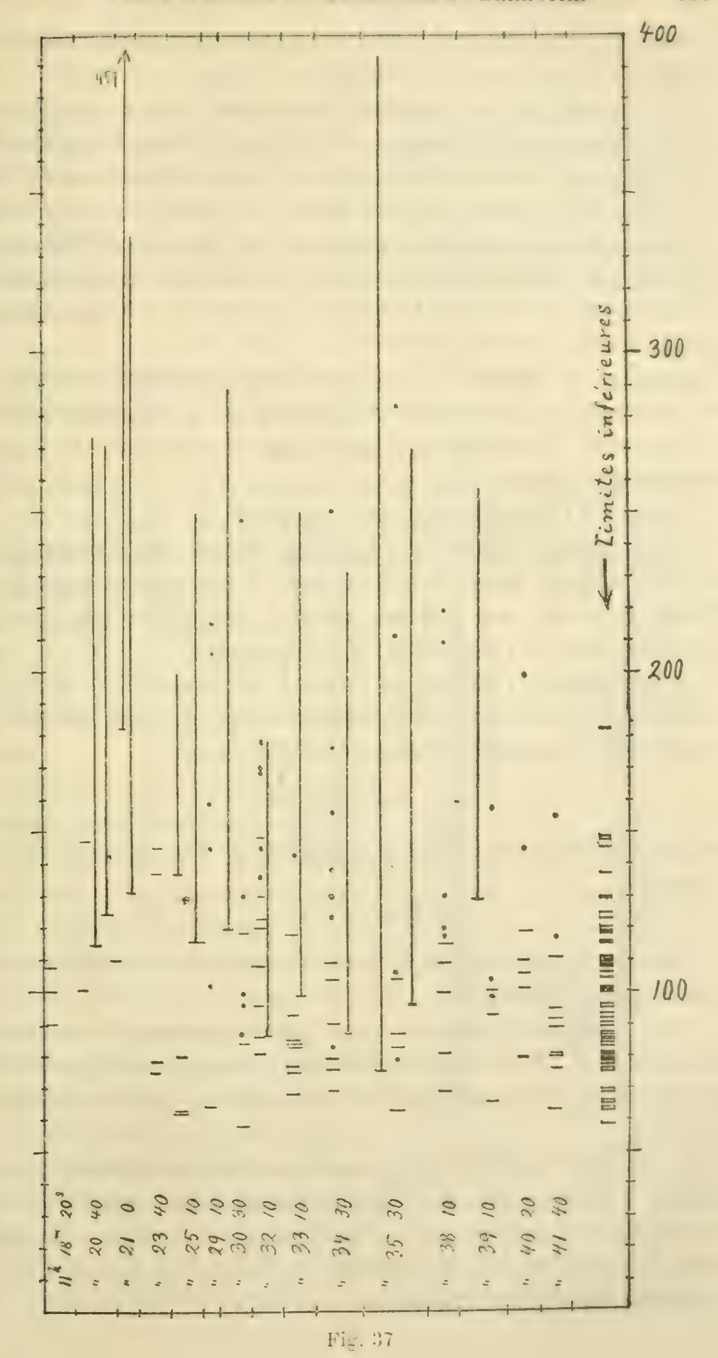

400
300
200
100
457
Limites inférieures
11h 18m 20s
" 20 40
" 21 0
" 23 40
" 25 10
" 29 10
" 30 30
" 32 10
" 33 10
" 34 30
" 35 30
" 38 10
" 39 10
" 40 20
" 41 40

Fig. 37

comme l'a remarqué M. Lenard, la preuve de l'existence des gaz légers dans la haute atmosphère.

Pour compléter les résultats qu'on peut tirer de ces deux photogrammes, nous donnons, sur la fig. 37, toutes les mesures d'altitude que nous avons tirées des 15 photogrammes de ce soir. Sur cette figure, les longs rayons auroraux sont marqués comme segments verticaux, les points les plus bas de l'aurore par des petits segments horizontaux, et enfin les autres points calculés par des points. Au pied de la figure, on trouve indiqué le temps.

Quant à la situation de la partie photographiée, elle était en moyenne au nord-ouest de la côte de la Norvège entre Aalesund et Trondhjem, à une distance angulaire de l'axe magnétique environ 27°.

Passons à la comparaison avec la théorie :

I. Supposons d'abord que les longs rayons sont causés par des corpuscules *négatifs qui viennent à peu près le long des lignes de force*, sans rotation sensible autour de ces lignes (conformément à l'idée de M. K. Birkeland).

L'inclinaison à l'endroit de l'aurore est environ 73°, donc θ environ 17°. Comme la limite inférieure des altitudes est environ 60 km., les courbes d'absorption donneront

$$a > 0{,}01 \text{ à peu près.}$$

ce qui entraîne des rayons cathodiques ou des rayons β, pour lesquels

$$H_0 \rho_0 < 5000$$

On arrive donc à un chiffre bien inférieur à la valeur 3.10⁶, donnée par K. Birkeland.

Pour expliquer la situation de l'aurore, environ 27° de l'axe magnétique, il faut avoir recours à un champ magnétique extérieur. La force H correspondante sera alors de l'ordre de 100 γ environ.

II. En supposant l'aurore causé par des corpuscules positifs, il faut alors que ces corpuscules aient une pénétrabilité beaucoup plus grande que les corpuscules α de radium. Cependant la difficulté avec la situation de l'aurore, si loin de l'axe magnétique est alors moindre.

III. Si l'on suppose que, dans les rayons auroraux, il y a des trajectoires ayant leur point de retour dans le rayon même, on aura, comme nous l'avons vu auparavant, une limite supérieure de $H_0\rho_0$, en mesurant la largeur des rayons.

Prenons, par exemple, le rayon III-VI du photogramme pris à 11 h. 34 m. 30 s. En consultant le négatif (voir la planche VII), on voit que la largeur ne surpasse pas 0°2 environ. Comme la distance au rayon est 450 km., cela donne une largeur

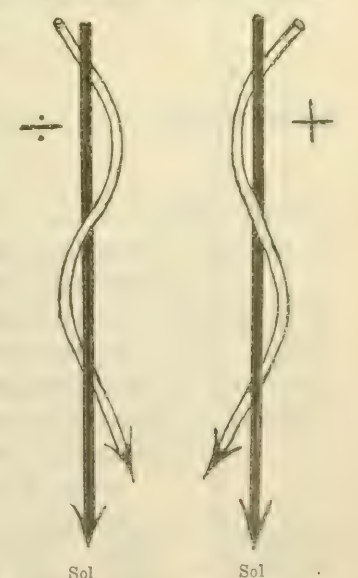
$$4{,}5 . 10^7 \sin 0°2 = 160\,000 \text{ cm. environ.}$$

D'autre part la force magnétique, à l'endroit du rayon, est environ 0.5 C.G.S., ce qui donne

$$H_0\rho_0 < 40\,000$$

donc encore loin de la valeur 3.10^6 de M. Kr. Birkeland.

On voit ainsi que la mesure de cet aurore n'est pas favorable à l'idée de M. K. Birkeland, que les rayons corpusculaires sont négatifs et si peu déviables par le magnétisme, que $H_0\rho_0$ est de l'ordre de 3.10^6.



Charge négative   Charge positive

Fig. 37

Faisons enfin quelques remarques :

Supposons que l'on réussisse à obtenir des photogrammes si nets d'un rayon auroral, qu'on puisse en déduire non seulement la forme spirale, mais aussi le sens de rotation de ce spiral. *Nous allons voir que cela donne, immédiatement, non seulement la charge des corpuscules, mais aussi la valeur du produit $H_0\rho_0$.*

Tout d'abord, le signe des charges est immédiatement donné par le sens de rotation d'après la figure 37 [1].

[1] Dans les régions antarctiques le sens de la rotation sera renversé.

Voyons ensuite comment on calculera le produit $H_0\rho_0$ quand on connaît les dimensions de la spire.

Considérons le mouvement d'un corpuscule dans un champ constant[1]. Plaçons un système de cordonnées cartésiennes avec l'axe des z dans la direction de la force magnétique. En disposant alors convenablement le sens des autres axes, les équations différentielles de la trajectoire seront

$$H_0\varrho_0 \frac{d^2x}{ds^2} = H \frac{dy}{ds}$$

$$H_0\varrho_0 \frac{d^2y}{ds^2} = - H \frac{dx}{ds}$$

$$H_0\varrho_0 \frac{d^2z}{ds^2} = 0$$

où H est la force magnétique et où l'arc de la trajectoire est choisi comme variable indépendante.

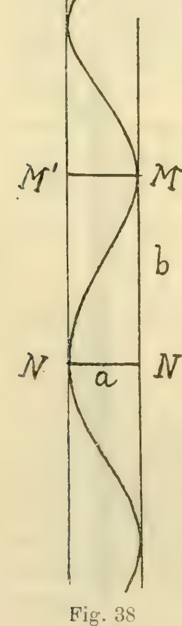


Fig. 38

L'intégration bien connue de ce système donne les formules

$$x - x_0 = A \cos \frac{H(s - s_0)}{H_0\varrho_0}$$

$$y - y_0 = - A \sin \frac{H(s - s_0)}{H_0\varrho_0}$$

$$z - z_0 = \sqrt{1 - \left(\frac{HA}{H_0\varrho_0}\right)^2} (s - s_0)$$

où x_0, y_0, z_0, A et s_0 sont des constantes d'intégration.

Cela est l'équation d'une hélice.

Cela posé, considérons une partie de la spire photographiée[2]. Menons les tangentes communes aux boucles de la spire, et soient M et N deux points de contact successifs.

Soient MM' et NN' deux sections normales à ces tangentes, et appelons a le diamètre MM' = NN' de la spire, et b la distance MN' = M'N entre les sections.

Cela posé, appelons Δs l'accroissement de s, quand on se

[1] Nous supposons alors le champ terrestre constant le long d'une boucle de la spire.

[2] Normalement à sa direction.

meut le long de la trajectoire du point M au point N : on aura évidemment

$$\frac{H.ls}{H_0\varrho_0} = \pi$$

d'où

$$ls = \frac{H_0\varrho_0}{H}\pi$$

D'autre part, $a = 2A$ et b est la différence entre les valeurs de z aux points M et N ; donc

$$b = \sqrt{1 - \left(\frac{Ha}{2H_0\varrho_0}\right)^2} \cdot \frac{H_0\varrho_0}{H}\pi$$

d'où on tire la formule cherchée

$$H_0\varrho_0 = H.\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{\pi}\right)^2}$$

Ici a et b sont comptés en centimètres et H dans le système C.G.S.

Comme cas particulier, on a celui où l'hélice est un cercle ; alors $b = 0$ et

$$H_0\varrho_0 = H.\frac{a}{2}$$

résultat évident.

Si d'autre part a est négligeable par rapport à b, on trouve

$$H_0\varrho_0 = \frac{Hb}{\pi}$$

formule qui sera spécialement utile pour des spires très allongées ; on suppose alors, bien entendu, qu'il est possible de fixer sur la photographie les points de contact M et N.

On voit que la détermination réussit même dans le cas où on ne peut pas décider le sens de rotation du spiral ; en effet ce dernier point exige des photogrammes bien plus nets, parce qu'il faut alors déterminer le signe de la différence entre les distances aux points M et N respectivement.

28. *Comment on peut mesurer la température de l'atmosphère au-dessus de 100 km. d'altitude, par la longueur des rayons auroraux.*

Nous allons voir que les formules d'absorption donnent le résultat inattendu que les rayons auroraux peuvent, sous certaines hypothèses, fonctionner comme thermomètre pour les

couches supérieures de l'atmosphère : *en effet, dans la partie de l'atmosphère, dont la constitution chimique est à peu près constante, la longueur d'un rayon auroral situé tout entier dans cette partie, sera proportionnelle à la température absolue.*

Pour le voir, prenons notre point de départ dans le fait signalé par M. Lenard que l'épaisseur de la couche de la plus grande absorption reste partout la même, indépendante de la pénétrabilité et de l'angle ϑ du rayon corpusculaire. C'est en effet une conséquence de la formule de Lenard que nous écrivons ainsi :

$$\log \text{nat} \frac{J_0}{J} = \frac{a}{b \cos \vartheta} e^{-bh}$$

où les notations sont comme auparavant et où b est une constante, dont la valeur est

$$b = 0{,}1238.10^{-5}$$

Lenard trouve l'épaisseur de la couche de la plus grande absorption égale à 30 km. environ.

Dans la formule de Lenard n'entre pas la température ; en l'introduisant on obtient un moyen de la trouver vice-versa par les phénomènes d'absorption.

Pour fixer les idées, faisons les hypothèses simplifiantes :

1° Que l'atmosphère, au-dessus de 100 km., consiste en de l'hydrogène pur, de température constante, égale à t^0 Celsius.

2° Que pour un rayon auroral, situé entièrement dans cette atmosphère hydrogène et constitué des trajectoires rectilignes de corpuscules négatifs, la longueur de la partie visible corresponde à la partie où l'intensité décroît de AJ_0 jusqu'à BJ_0, A et B étant des nombres respectivement près de 1 et de 0, et J_0 étant l'intensité initiale.

Cela posé, nous avons d'après le § 24

$$\log \text{nat} \frac{J_0}{J} = \frac{a}{D_0 \cos \vartheta} \int_h^\infty \delta \, dh$$

où δ et la densité de l'atmosphère hydrogène à h cm. d'altitude. Or, comme plus haut (§ 24), on a

$$\delta = M e^{-\frac{h}{H(1 + \alpha t)}}$$

où M est indépendante de h, où H est la constante caractéristique pour l'hydrogène et où $\alpha = \frac{1}{273}$. On en tire

$$\log \text{nat} \frac{J_0}{J} = N e^{-\frac{h}{H(1+\alpha t)}}$$

N étant aussi *indépendant* de h.

Cela fait, soit a et $a + L$, les altitudes en kilomètres correspondant aux extrémités du rayon auroral situé dans l'atmosphère hydrogène ; les valeurs correspondantes de h sont $10^5 a$ et $10^5(a + L)$, et comme les intensités sont respectivement BJ_0 et AJ_0, d'après l'hypothèse 2, on aura

$$\log \text{nat} \frac{1}{B} = N e^{-\frac{10^5 a}{H(1+\alpha t)}}$$

$$\log \text{nat} \frac{1}{A} = N e^{-\frac{10^5(a+L)}{H(1+\alpha t)}}$$

d'où en divisant

$$e^{\frac{10^5 L}{H(1+\alpha t)}} = \frac{\log \text{nat } B}{\log \text{nat } A}$$

d'où

$$273 + t = \frac{2{,}73.10^7\ L}{H \log \text{nat} \left(\frac{\log \text{nat } B}{\log \text{nat } A}\right)}$$

ce qui démontre notre assertion que *la température absolue est proportionnelle à L, donc à la longueur du rayon auroral,* $\frac{L}{\cos \vartheta}$.

Introduisons les logarithmes vulgaires log A etc. et la valeur

$$H = 1{,}15.10^7$$

pour l'hydrogène ; on aura alors

$$237 + t = \frac{1{,}03\ L}{\log \left(\frac{\log B}{\log A}\right)}$$

Il reste encore à fixer A et B, ce qui est plus difficile. Si l'on choisit A = 0,9 et B = 0,1, on trouve

$$273 + t = 0{,}77\ L$$

et en choisissant A = 0,99 et B = 0,01 :

$$273 + t = 0{,}39 \text{ L}$$

Appliquons ce résultat aux photogrammes d'aurore boréale du 8 avril 1911. Les rayons auroraux situés au-dessus de 100 km. donnent les valeurs suivantes de L :

160. 150, 270, 200, 60, 140, 170, 130

en moyenne

$$\text{L} = 160 \text{ km}$$

Cela donne, d'après la première formule, $t = -150°$, d'après la seconde, $t = -211°$.

Donc, la température de l'atmosphère, au-dessus de 100 km. d'altitude, était probablement située entre —150 et —200° Celsius.

De la même manière, on pourrait juger la température dans la partie entre 50 et 80 km. d'altitude, où l'azote est le constituant prédominant ; il fallait alors étudier la partie la plus lumineuse des draperies d'aurore ; dans le rapport détaillé sur mon expédition à Bossekop, on trouve une quantité de photographies qui mettent bien en évidence l'absorption de cette couche nitrogène. Nous ne nous y arrêtons pas cependant.

Une fois acquis une quantité assez grande d'observations relatives à ces questions, on pourrait de nouveau calculer la constitution de l'atmosphère et les lois d'absorption. Il fallait alors diviser l'atmosphère en une série de couches et, les températures respectives étant déterminées par les observations sur l'aurore boréale, on pouvait suivre les mêmes méthodes que nous avons appliquées ici.

Aussi faut-il alors tenir compte de cette circonstance que l'hydrogène et le hélium ne suivent pas tout à fait les lois d'absorption indiquées au § 24 :

$$\frac{a}{\delta} = \frac{a}{D_0}$$

En effet, on a respectivement pour ces deux gaz [1]

$$\frac{a}{\delta} = 1{,}78 \ \frac{a}{D_0}$$

et

$$\frac{a}{\delta} = 0{,}74 \ \frac{a}{D_0}$$

[1] Je dois ces renseignements à une lettre récente de M. *Lenard*. Voir aussi *A. Becker*. *Annalen der Physik*. T. 17, p. 464, 1905.

Remarquons en passant que ces anomalies n'influent pas essentiellement les résultats sur la nature des rayons trouvés dans les § 25, 26 et 27. En effet, pour les corriger il fallait dans les formules pour

$$\log \text{nat} \frac{J_0}{J}$$

multiplier les termes correspondant à l'hydrogène et à l'hélium par les nombres 1,78 et 0,74 respectivement, ou, en d'autres mots, de remplacer[1] γ_2 et γ_3 par 1,78 γ_2 et 0,74 γ_3.

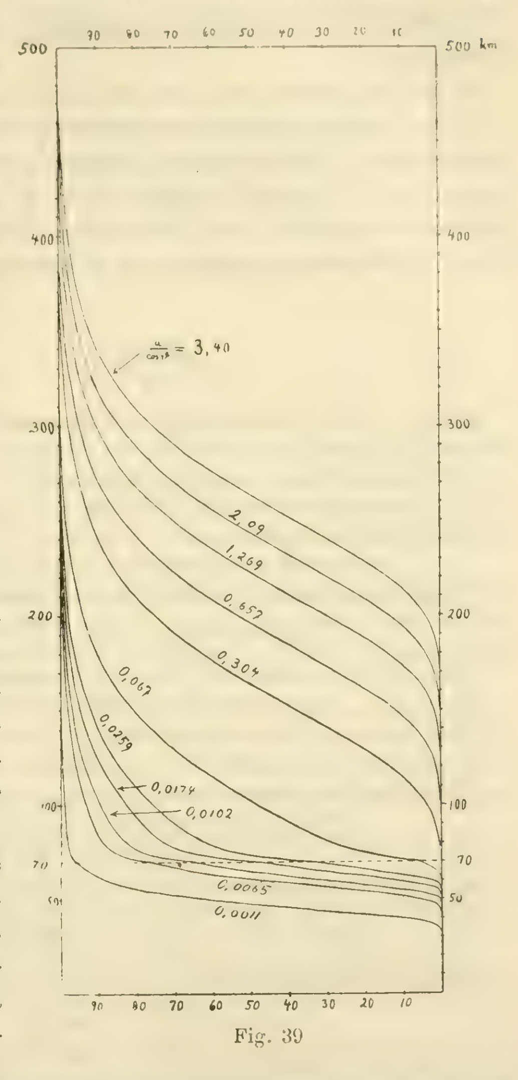


Fig. 39

Comme exemple numérique nous avons calculé les courbes d'absorption en tenant compte de ces anomalies et en faisant de plus les hypothèses suivantes relativement à la température :

que $t = -23°$ C. pour 10 km. $> h > 0$
$t = -55°$ C. pour 70 km. $> h >$ 10 km.
et $t = -175°$ C. pour $h >$ 70 km ;

[1] Les nombres γ_2 et γ_3 sont eux-mêmes très mal déterminés et admettent une incertitude beaucoup plus grande.

De plus nous avons chassé l'hypothèse de l'existence du gaz géocoronium.

On voit les courbes sur la figure 39.

On voit quelles conséquences intéressantes on peut tirer des phénomènes d'aurore boréale combinés avec les recherches basées sur la théorie corpusculaire. Il y a là un champ immense à explorer, donc l'importance s'étend sur toute une série de phénomènes cosmiques et terrestres [1].

Errata

Par inadvertance les paragraphes ont été numérotés 1, 2, 4, 5, etc., au lieu de 1, 2, 3, 4, etc.

P. 118 (cahier d'août), ligne 4 en remontant,

au lieu de sur le sujet, lisez sur les taches du soleil

P. 118, ligne 3 en remontant,

au lieu de p. 168 et suiv., lisez p. 2 (note 2)

P. 314 (cahier d'octobre), ligne 17 en descendant.

au lieu de $i \geqq$ lisez $i \geqq 0$

P. 423 (cahier de novembre), ligne 4 en remontant,

au lieu de $k = 1$ lisez $k = -1$

P. 424, lignes 8 et 14 en descendant,

au lieu de C = lisez $c =$

P. 434, ligne 14 en descennant,

au lieu de $c = \sqrt{\frac{H_0 \varrho_0}{M}}$ lisez $c = \sqrt{\frac{M}{H_0 \varrho_0}}$

P. 434, ligne 1 en remontant,

au lieu de $H_z = -\frac{5\pi}{iA}$ lisez $H_z = -\frac{\pi i}{5A}$

P. 435, ligne 2 en descendant,

au lieu de $\frac{5\pi}{iA}$ lisez $\frac{\pi i}{5A}$

P. 52 (cahier de janvier), note 2,

au lieu de Bericht einer Expedition, lisez Bericht über eine Expedition.

au lieu de Dydwad, lisez Dybwad

[1] Les recherches supplémentaires et les calculs numériques détaillés sur les trajectoires des corpuscules dans le champ d'un aimant élémentaire, ainsi que les applications aux expériences nouvelles de M. Kr. Birkeland, seront l'objet d'un troisième mémoire.

P. 56, sur la figure de droite, « Le dessin exécuté d'après les négatifs », les lettres α et β doivent changer de place.

P. 58, ligne 4 en descendant,

au lieu de au point a, lisez au point C

P. 59, dans la deuxième formule pour H, en descendant,

$$\text{au lieu de } \left[R + y + \sqrt{(R + y)^2 + x^2}\right]$$

$$\text{lisez } \left[R + y + \sqrt{(R + y)^2 + x^2}\right]^2$$

P. 65, note 1,

au lieu de § 27, lisez § 28.

APPENDICE

Je crois utile de donner ici une liste complète de mes publications relatives à l'aurore boréale :

1. Sur le mouvement d'un point matériel portant une charge d'électricité sous l'action d'un aimant élémentaire. *Videnskabs-Selskabets Skrifter, Math. naturv.* Klasse n° 3, Christiania, 1904.

2. Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace sous l'influence du magnétisme terrestre avec application aux aurores boréales et aux perturbations magnétiques. *Comptes Rendus*. Paris, 25 juin et 9 juillet 1906.

3. Les expériences de M. Villard et sa théorie des aurores boréales. *C. R.*. Paris, 10 septembre 1906.

4. Sur les trajectoires périodiques des corpuscules électriques dans l'espace sous l'influence du magnétisme terrestre, avec application aux perturbations magnétiques. *C. R.*, Paris, 1 octobre 1906.

5. On the trajectories of electric corpuscles in space under the influence of terrestrial magnetism applied to the aurora borealis and to magnetic disturbances. *Archiv for mathematik og naturvidenskab*, t. XXVIII, Christiania, 1906.

6. Sur un problème relatif au mouvement des corpuscules électriques dans l'espace cosmique. *Vid. Selsk. Skr. Math. naturv.* Kl. 1907, n° 4, Christiania.

7. Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace sous l'action du magnétisme terrestre avec application aux aurores boréales. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, t. XXIV, juillet-octobre 1907.

8. Cas de réduction des équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique. *C. R.*, Paris, 2 et 9 mars 1908.

9. On the graphic solution of dynamical problems. *Vid. Selsk. Skr. Math. naturv.* Kl. 1808, n° 1. Christiania.

10. Sur une forme particulière à laquelle on peut réduire les équations différentielles des trajectoires des corpuscules électrisés dans un champ magnétique. *C. R.*, Paris, 21 septembre 1908.

11. Sur l'explication théorique des expériences de M. Birkeland. *C. R.*, Paris, 26 octobre 1908.

12. Neuere norwegische Untersuchungen über die Natur der Polarlechter. *Das Weltall*, Treptow-Berlin, Februar 1909.

13. Les équations explicites de la trajectoire d'un corpuscule électrique dans le champ d'un seul pôle magnétique. *Vid. Selsk. Skr. Math. naturv.* Kl. 1909, n° 5.

14. Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans le champ d'un aimant élémentaire, avec application aux aurores boréales. *Atti del IV congresso internazionale dei matematici.* Roma 6-11 Aprile 1908, Vol. III.

15. Photographies des aurores boréales et nouvelle méthode pour mesurer leur altitude. *C. R.*, Paris, 13 juin 1910.

16. Théorèmes sur les équations générales du mouvement d'un corpuscule dans un champ magnétique et un champ électrique superposés. *C. R.*, Paris, 12 septembre 1910.

17. Formes canoniques des équations générales du mouvement d'un corpuscule dans un champ magnétique et un champ électrique superposés. *C. R.*, Paris, 26 septembre 1910.

18. Sur la situation de la zone de fréquence maximum des aurores boréales d'après la théorie corspusculaire. *C. R.*, Paris, 20 février 1911.

19. Sur la structure de la couronne du soleil. *C. R.*, Paris, 20 février 1911.

20. La structure de la couronne du soleil dans la théorie d'Arrhenius. *C. R.*, Paris, 6 mars 1911.

21. Résultats des mesures photogrammétriques de l'altitude de l'aurore boréale à Bossekop aux mois de février et mars 1910. *C. R.*, Paris, 1er mai 1911.

22. Sur une classe de trajectoires remarquables dans le mouvement d'un corpuscule électrique dans le champ d'un aimant élémentaire. *Archiv for Math. og Naturv.* B. XXXI, n° 11, Christiania, 1911.

23. Het Poollicht van 22 Februari 1911. Hemel en Dampkring, juli 1911.

MOUVEMENT D'UNE PARTICULE ÉLECTRISÉE
DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

PAR

Richard BIRKELAND

(Suite et fin [1]*)*

(Avec la planche IX)

Etude de la surface-trajectoire

11. — Maintenant nous allons étudier en détail la surface-trajectoire ; mais, pour fixer les idées, nous supposons dans ce qui va suivre, que le champ magnétique est créé par un aimant

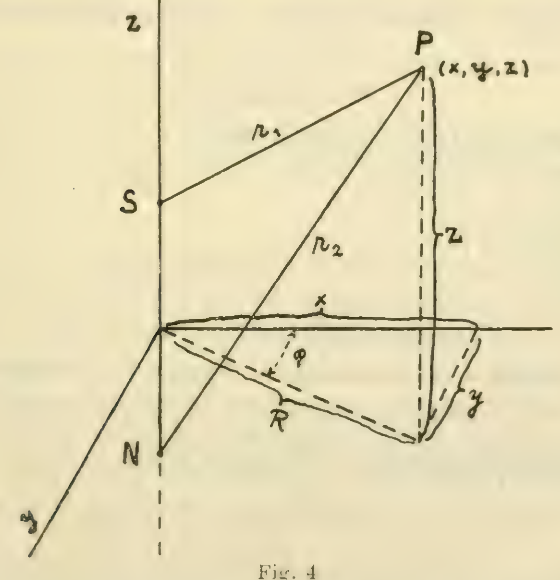


Fig. 4

de longueur 2λ et de masse magnétique positive μ répandue sur le pôle nord N de coordonnées $(o, o, -\lambda)$. Sur le pôle sud S de coordonnées (o, o, λ) est répandue la masse magnétique $-\mu$.

[1] Voir *Archives*, janvier 1912, p. 32.

Soit P un point (x, y, z) dans l'espace. On a alors

$$\overline{SP} = r_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - \lambda)^2}, \qquad \overline{NP} = r_2 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z + \lambda)^2}$$

L'équation de la surface-trajectoire peut être trouvée des formules (17) en y remplaçant μ_0 par $-\mu$ et r_0 par r_1. Nous supposons donc que le point M coïncide avec le point S. Nous obtenons

$$(19) \qquad -\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} + \gamma - 1 = \frac{\pm(\gamma^2 - 1)\sqrt{(\alpha x + \beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{(\alpha x + \beta y) \pm \gamma\sqrt{(\alpha x + \beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

pour $\gamma^2 \neq 1$. Pour $\gamma = +1$ et $\gamma = -1$ on a respectivement

$$(19a) \qquad -\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} = \frac{2(\alpha x + \beta y)^2}{(\alpha x + \beta y)^2 + R^2}$$

et

$$(19a) \qquad -\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} - 2 = -\frac{2(\alpha x + \beta y)^2}{(\alpha x + \beta y)^2 + R^2}$$

Pour toutes ces surfaces, il faut, comme nous avons déjà dit, que

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 \geqq 1$$

Nous traitons trois types de surfaces :

Type I, où $\gamma^2 < 1$.

Type II, où $\gamma^2 = 1$.

Type III, où $\gamma^2 > 1$.

I. — *Type I, où $\gamma^2 < 1$*

La fonction $\Delta(u)$ donnée par la formule (16) s'annule pour

$$(\alpha + \beta u)^2 - (1 + u^2)(1 - \gamma^2) = 0$$

ou pour deux valeurs de $u = \frac{y}{x}$, savoir pour

$$(20) \qquad u = \frac{y}{x} = \frac{-\alpha\beta \pm \sqrt{(d^2 - 1)(1 - \gamma^2)}}{\beta^2 + \gamma^2 - 1},$$

où $d^2 = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$. Le dénominateur de $\Delta(u)$ ne s'annule pas pour des valeurs réelles de u, car l'équation

$$(\alpha + \beta u)^2 + 1 + u^2 = 0$$

n'a pas de solution réelle. Les équations

$$y = k_1 x, \qquad y = k_2 x.$$

où k_1 et k_2 sont les deux valeurs de u donnée par (20), sont des équations de deux plans p_1 et p_2 passant par l'axe des z. Soit O l'origine des coordonnées et désignons par P_1O et P_2O l'intersection entre le plan des xy et les plans p_1 et p_2 respectivement tel que

$$\text{tg } P_1Ox = k_1, \qquad \text{tg } P_2Ox = k_2$$

Nous allons démontrer :

1° *La surface-trajectoire est tout entière enfermée entre les deux plans p_1 et p_2. Chacun des deux plans touche la surface le long d'une ligne de force.*

2° *Le plan $y = \frac{\beta}{\alpha} x$ est un plan de symétrie pour la surface et partage en deux l'angle entre les plans p_1 et p_2.*

Les courbes d'intersection entre la surface-trajectoire et un plan passant par l'axe des z sont des lignes de force. En particulier, l'intersection avec le plan de symétrie $y = \frac{\beta}{\alpha} x$ sont deux lignes de force que j'appellerai, « ligne de force supérieure » et « ligne de force inférieure ».

3° *Sur la « ligne de force supérieure » et la « ligne de force inférieure » la fonction $\Delta(u)$ a son maximum ou son minimum. Donc pour $u = \frac{\beta}{\alpha}$.*

On sait que chaque génératrice du cône de révolution associé est tangent au point S à une des lignes de force sur la surface-trajectoire. Soit ω l'angle entre une génératrice et le plan des xy. On a alors :

4° *L'angle ω a sa valeur maxima pour la ligne de force supérieure et sa valeur minima pour la ligne de force inférieure.*

5° *Le plan tangent à la surface-trajectoire en un point sur la ligne de force supérieure ou inférieur est normal au plan de symétrie.*

Les figures 5 et 6 (pl. IX) représentent des surfaces correspondant respectivement à

$$\alpha = 0{,}450 \qquad \beta = 0{,}490 \qquad \gamma = 0{,}750$$
$$\alpha = 0{,}500 \qquad \beta = 0{,}500 \qquad \gamma = 0{,}800$$

Démonstration. — 1° L'équation $\Delta(u) = 0$ sera satisfaite pour deux valeurs de u, savoir : pour $u = k_1$ et $u = k_2$. La

dérivée $\Delta'(u)$ étant plus ou moins l'infini pour ces valeurs de u (voir la formule (18)), nous avons en vertu de la formule (13)

$$\cos\delta = +1 \quad \text{ou} \quad -1, \qquad \delta = 0 \quad \text{ou} \quad \pi$$

Donc. Pour $u = k_1$ le plan tangent à la surface et le plan p_1 passant par l'axe des z se confondent ; de même, pour $u = k_2$ le plan tangent et le plan p_2 se confondent.

2° Nous avons en écrivant pour abréger

$$< P_1Ox = \nu_1, \qquad < P_2Oy = \nu_2$$

$$\text{tg}\,(\nu_1 + \nu_2) = \frac{k_1 + k_2}{1 - k_1k_2} = -\frac{2\alpha\beta}{\beta^2 - \alpha^2}$$

$$\cos(\nu_1 + \nu_2) = \pm\frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2(\nu_1 + \nu_2)}} = \pm\frac{\beta^2 - \alpha^2}{\beta^2 + \alpha^2}$$

$$\sin(\nu_1 + \nu_2) = \pm\frac{\text{tg}\,(\nu_1 + \nu_2)}{\sqrt{1 + \text{tg}^2(\nu_1 + \nu_2)}} = \pm\frac{-2\alpha\beta}{\beta^2 + \alpha^2}$$

$$\text{tg}\left(\frac{\nu_1 + \nu_2}{2}\right) = \frac{\sin(\nu_1 + \nu_2)}{1 + \cos(\nu_1 + \nu_2)} = \begin{cases} -\dfrac{\alpha}{\beta} \\[2ex] \dfrac{\beta}{\alpha} \end{cases}$$

Les deux plans de division sont donc

$$y = -\frac{\alpha}{\beta}x, \qquad y = \frac{\beta}{\alpha}x$$

D'autre part. La fonction $\Delta(u)$ est réelle pour $u = \frac{\beta}{\alpha}$ et imaginaire pour $u = -\frac{\alpha}{\beta}$. Comme $y = \frac{\beta}{\alpha}x$ est un plan de division qui partage en deux l'angle où est enfermé la surface-trajectoire, il est un plan de symétrie pour le cône de révolution associé, donc un plan de symétrie pour la surface-trajectoire elle-même.

3° Pour $u = \frac{\beta}{\alpha}$ on a $\Delta'(u) = o$ (voir la formule (18)) et l'une des valeurs de $\Delta''(u)$ positive, l'autre négative. Les valeurs maxima et minima de $\Delta(u)$ sont donc données par la formule

$$\text{(A)} \qquad \Delta\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = k\mu(\gamma^2 - 1)\frac{\pm\sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)(d^2 - 1)}}{\alpha^2 + \beta^2 \pm \gamma\sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)(d^2 - 1)}}$$

Pour fixer les idées supposons la charge d'électricité positive.

On a alors $k\mu - \frac{\varepsilon \cdot \mu}{m\, v}$ positif et on a (fig. 5 et 6, pl. IX) respectivement.

$$\Delta_{max.} = 0{,}0511\ k\mu, \qquad \Delta_{min.} = -\ 0{,}0435\ k\mu$$
$$\Delta_{max.} = 0{,}331\ k\mu, \qquad \Delta_{min.} = -\ 0{,}134\ k\mu$$

Si la charge d'électricité est négative il faut échanger les valeurs de Δ_{max} et Δ_{min}.

4° Comme $y = \frac{\beta}{\alpha} x$ est un plan de symétrie pour le cône de révolution associé, l'intersection avec le cône sera deux génératrices dont l'angle ω a la valeur la plus grande et la valeur la plus petite.

5° Sur la ligne de force supérieure et la ligne de force inférieure on a $\Delta'(u) = 0$, donc

$$\cos\delta = 0, \qquad \delta = \frac{\pi}{2}$$

II. — *Type II, où* $\gamma^2 = 1$

Pour fixer les idées nous supposons $\gamma = 1$. Lorsque γ tend vers l'unité les deux valeurs k_1 et k_2 tendent vers la même limite $-\frac{\alpha}{\beta}$ (voir la formule (20)). Les deux plans p_1 et p_2, étant des plans tangents à la surface, se confondent à la limite. Le plan de limite

$$y = -\frac{\alpha}{\beta} x$$

est toujours un plan tangent à la surface, et touche la surface-trajectoire le long d'une ligne de force, savoir l'axe des z. Le cône de révolution associé aura donc l'axe des z comme une de ces génératrices.

Le plan $y = \frac{\beta}{\alpha} x$ normal au plan tangent $y = -\frac{\alpha}{\beta} x$ est toujours un plan de symétrie. Les courbes d'intersection entre le plan de symétrie et la surface sont deux lignes de force. L'une de ces lignes de force est l'axe des z.

Pour $u = \frac{\beta}{\alpha}$ $\Delta(u)$ a sa valeur maxima ou sa valeur minima.

En effet pour $u = \frac{\beta}{\alpha}$ on a $\Delta'(u) = 0$ (voir la formule (18*b*)). Si la charge d'électricité est positive on a $\Delta''\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$ négatif, donc

$$\Delta_{\text{max.}} = 2\,k\mu\,\frac{a^2+\beta^2}{1+a^2+\beta^2}$$

La figure 7, pl. IX, montre une surface-trajectoire de ce type correspondant à

$$a = 0, \qquad \beta = 0{,}05, \qquad \gamma = 1$$

La valeur maxima de $\Delta(u)$ est

$$\Delta_{\text{max.}} = 0{,}005\,k\mu$$

lorsque la charge d'électricité est positive.

III. — *Type III, où* $\gamma^2 > 1$

La fonction $\Delta(u)$ ne s'annule pas pour des valeurs réelles de u, car l'expression

$$(a + \beta u)^2 - (1 - \gamma^2)(1 + u^2)$$

est toujours positive. L'axe des z est à l'intérieur de la surface. Les courbes d'intersection entre la surface et le plan

$$y = \frac{\beta}{a}\,x$$

sont deux lignes de force, que j'appellerai encore « la ligne de force supérieure » et « la ligne de force supérieure ». Comme $y = \frac{\beta}{\alpha}x$ est un plan de symétrie pour le cône associé, il est aussi un plan de symétrie pour la surface-trajectoire elle-même.

Les figures 8 et 9, pl. IX, représentent des surfaces correspondant respectivement à

$$a = 0, \qquad \beta = 0, \qquad \gamma = 1{,}005$$
$$a = 0{,}10, \qquad \beta = 0, \qquad \gamma = 1{,}100$$

Si la charge d'électricité ε est positive on a pour la figure 9, pl. IX.

$$\Delta_{\text{max.}} = 0{,}260\,k\mu, \qquad \Delta_{\text{min.}} = 0{,}15\,k\mu$$

Étude de la trajectoire

I. *La trajectoire au voisinage du pôle sud S.*

12. Nous considérons une particule électrisée en mouvement sur une surface-trajectoire F. Soit O l'origine des coordonnées, Q la projection de la particule en P (x, y, z) sur le plan des xy

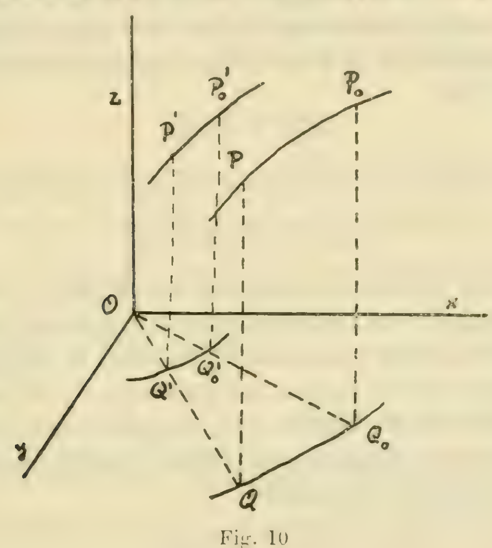


Fig. 10

et Q_o la position initiale de cette projection, considérons le secteur limité par la projection de la trajectoire et les deux rayons OQ_o et OQ. En appelant A l'aire de ce secteur compté positivement dans le sens positif des rotations autour de Oz : on a

$$dA = \frac{1}{2}(xdy - ydx)$$

l'équation (2) devient donc en vertu de l'équation (3

$$\frac{dA}{ds} = \frac{1}{2}\Delta(\operatorname{tg}\varphi) \tag{21}$$

car $\frac{y}{x} = \operatorname{tg}\varphi$. Autrement dit : *le rapport entre dA et ds sur la même surface-trajectoire F ne dépend que de l'angle φ.* C'est une propriété caractéristique pour les trajectoires d'une surface-

trajectoire. Supposons la même particule électrisée en mouvement dans le voisinage du pôle S, *sous l'influence seulement du pôle S,* sur le cône de révolution K tangent au point S à la surface-trajectoire F. La fonction $\Delta(u)$ étant la même pour le cône K et la surface F, l'équation (21) est la même pour la particule en mouvement sur le cône. Cela posé. Soient P_o' et P' deux points de la trajectoire sur le cone K correspondant respectivement au même angle φ que P_o et P (voir la figure 10), Q_o' et Q' leurs projections sur le plan des xy et A' l'aire limitée par la projection de la trajectoire et les deux rayons OQ_o' et OQ'. On a donc

$$Q_oOQ = Q_o'OQ'$$

Si cet angle est très *petit* on a en vertu de l'équation (21)

$$\frac{A}{\text{l'arc } P_oP} = \frac{A'}{\text{l'arc } P'_oP'}$$

Donc si l'on connait la trajectoire sur le cône de révolution on peut de proche en proche calculer la trajectoire correspondante sur la surface-trajectoire F. En effet, la trajectoire sur le cône étant connue on peut calculer l'aire A' et l'arc $P_o'P'$. D'autre part l'angle $Q_o\,O\,Q = \varphi - \varphi_o$ étant très petit l'aire petite A est, en négligeant des termes d'ordre supérieur au premier, donné par la formule

$$A = \frac{1}{2}\left[\overline{OQ_o}\right]^2 \cdot (\varphi - \varphi_o)$$

On peut donc calculer l'arc PP_o par la formule précédente.

Maintenant supposons la surface-trajectoire F donnée. Nous allons voir comment on peut de proche en proche déterminer la trajectoire. Soit q_o et q deux plans passant par l'axe des z et les points P_o' et P' respectivement. Les courbes d'intersection entre les plans q_o et q et la surface F sont des lignes de force L_o et L respectivement ; soit P_o un point sur la ligne de force L_o, où la valeur de $\frac{\Delta(u)}{R}$ est moindre que l'unité.

Construisons une sphère de centre P_o et de rayon égal à l'arc PP_o calculé. Cette sphère est percée en deux points P et M par la ligne de force L, soit P le point qui est le plus près du pôle. Ce point est aussi un point de la trajectoire passant

par P_0. Le point P étant connu on peut continuer de même manière avec ce point comme point de départ est déterminer un troisième point de la trajectoire et ainsi de suite. De cette manière on peut, de proche en proche, déterminer une trajectoire qui s'approche du pôle. Si on avait choisi l'autre point M sur la sphère de centre P_0 on aurait pu de proche en proche déterminer une trajectoire qui s'éloigne du pôle. C'est en accord avec ce que nous avons trouvés au § 6.

En outre, l'angle a entre la trajectoire et un plan passant par la particule et l'axe Oz est aussi exprimé par la même formule

$$\sin a = \frac{\Delta(\operatorname{tg}\varphi)}{R}$$

Il est donc sur la surface-trajectoire F et sur le cône associé K positif, nul ou négatif pour les mêmes valeurs de φ, il croît à mesure que R décroît pour arriver à sa valeur maximum $\frac{\pi}{2}$ pour

$$\frac{|\Delta(\operatorname{tg}\varphi)|}{R} = 1 \tag{22}$$

c'est-à-dire pour $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\alpha}{\beta}$ ou lorsque la particule sur la surface-trajectoire coupe la ligne de force supérieure ou inférieure. En effet pour $\frac{|\Delta|}{R} = 1$ on a par l'équation (7)

$$\frac{dR}{ds} = 0, \qquad \frac{dz}{ds} = 0$$

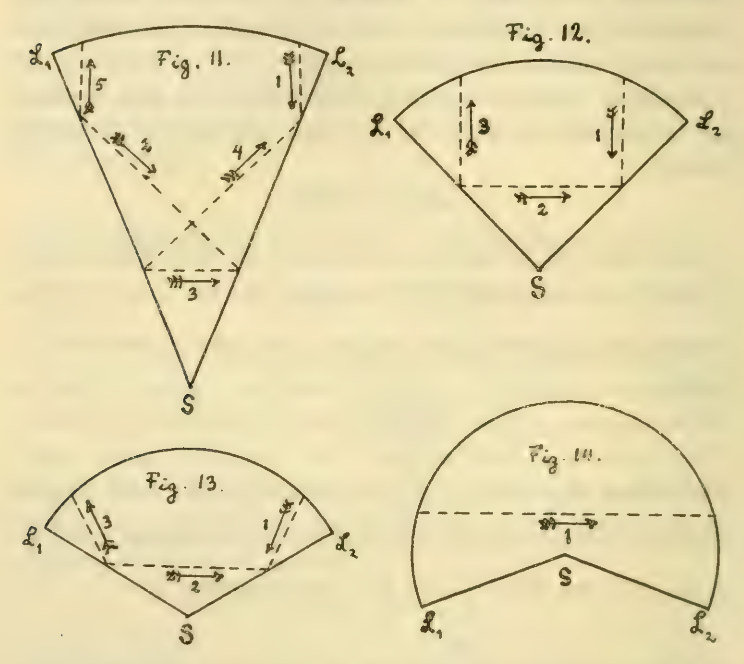
d'où on tire de l'équation (8)

$$\Delta'(u) = 0$$

Cette équation est satisfaite pour $u = \operatorname{tg}\varphi = \frac{\alpha}{\beta}$, c'est-à-dire pour la valeur de φ qui détermine le plan de symétrie pour la surface-trajectoire et le cône associé K.

Pour connaître les traits essentiels de la trajectoire dans le voisinage du pôle S il suffit donc d'étudier la trajectoire sur le cône de révolution K. Mais le cône étant une surface développable sur un plan les lignes géodésiques deviennent des lignes droites dans le développement. Les figures 11, 12, 13 et 14

représentent des cônes développés sur le plan du papier en supposant les cônes découpés suivant une génératrice. La figure 11 montre l'angle développé $L_1 SL_2$ qui est supposé inférieur à $\frac{\pi}{2}$. La particule en mouvement vers s décrit des spires Les flèches numérotées 1, 2, 3, 4, 5 indiquent la trajectoire



sur le développement et la direction du mouvement de la particule. Le nombre des spires est grand si l'angle développé $L_1 SL_2$ est petit, et peut être trouvé par construction. Voir la figure 11.

Les figures 12 et 14 représentent le cas où l'angle développé $L_1 SL_2$ est égal à $\frac{\pi}{2}$ et plus grand que $\frac{\pi}{2}$, mais moindre que π respectivement. Ici on a une spire seulement.

Enfin si l'angle L_1SL_2 est plus grand que π la figure 14 montre que la particule ne décrit pas de spire.

Maintenant nous pouvons à grands traits décrire la trajectoire de la particule en mouvement vers S sur la surface-trajectoire F.

1° D'abord nous supposons que le cône de révolution associé développé sur un plan a un angle développé L_1SL_2 plus petit que $\frac{\pi}{2}$.

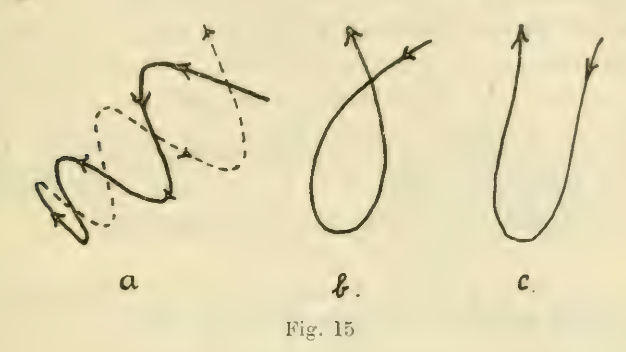


Fig. 15

La particule en mouvement vers S décrit alors une spirale qui devient de plus en plus étroite à mesure qu'elle s'approche du pôle jusqu'à ce que l'angle θ (voir le § 6) ou l'angle α soit devenu égal à $\frac{\pi}{2}$. Dans ce point la particule rebrousse chemin et s'éloigne en faisant une spirale de plus en plus grande. Le nombre de spires dépend de l'angle L_1SL_2 et augmente lorsque cet angle diminue et peut être trouvé par exemple par construction, voir la figure 11. La figure 15*a* montre une forme de ces trajectoires.

2° Dans le cas où l'angle développé est $\frac{\pi}{2}$ ou plus grand que $\frac{\pi}{2}$, mais moindre que π la particule décrit une spire seulement. Voir la figure 15*b*.

3° Si l'angle L_1SL_2 est plus grand que π la particule ne décrit pas de spire. Voir la figure 15*c*.

Guidé par ses expériences, M. Kr. Birkeland a supposé que la trajectoire de la particule en mouvement dans le voisinage d'un pôle magnétique est un des types 15, *a, b, c.*[1]

13. Nous avons vu que la particule en mouvement vers le

[1] *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-1903.* Vol. 1, p. 99.

pôle S peut rebrousser chemin en un point P où l'angle α est égal à $\frac{\pi}{2}$; ce point est sur la ligne de force supérieure ou inférieure. Soit R_{min} la valeur correspondante de R qu'on peut trouver par la formule (22) en posant tg $\varphi = \frac{\beta}{\alpha}$.

Nous avons

$$R_{min.} = \varkappa \cdot \frac{|\varepsilon|}{m} \cdot \frac{1}{v} \cdot \mu$$

$\varkappa$ étant une constante pour la même surface-trajectoire. Ainsi pour la surface-trajectoire 9 on a $\varkappa = 0{,}150$. Pour fixer les idées supposons la surface de type III. L'expression

$$\left| \Delta\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \right| = \varkappa \cdot \frac{|\varepsilon|}{m} \cdot \frac{1}{v} \cdot \mu$$

est la valeur minima ou maxima de $|\Delta(u)|$. Soit

$$\varkappa \cdot \frac{|\varepsilon|}{m} \cdot \frac{1}{v} \cdot \mu$$

la valeur minima (voir la formule (A), § 11), $R_{min.}$ est alors la valeur minima de R.

Soit H_o la valeur de la force magnétique au point où la trajectoire lui est normale et soit ρ_o la valeur correspondante du rayon de courbure. On aura par la formule (14) où on pose $\Delta'\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = 0$.

$$H_o^2 \rho_o^2 = \left(\frac{m}{\varepsilon} \cdot v\right)^2$$

d'où

$$R_{min.} = \varkappa\mu \left| \frac{1}{H_o \rho_o} \right|$$

Par cette formule on peut calculer $H_o\rho_o$ lorsqu'on connaît R_{min}.

Si les rayons des particules deviennent plus déviables, c'est-à-dire si la valeur de $|H_o\rho_o|$ diminue la valeur de R_{min} augmente et le point P s'éloigne du pôle.

Au contraire si les rayons des particules deviennent moins déviables le point P s'approche du pôle.

En faisant varier la masse magnétique μ du pôle S on a : *le point P s'éloigne lorsqu'on augmente μ et s'approche lorsqu'on diminue μ.*

C'est un fait que l'expérience a déjà prouvé. Ainsi en expliquant les expériences, fig. 1, M. Kr. Birkeland dit (*loc. cit.*, p. 299).

« It should be remarhed that the cones of light seen in the « figure appear to withdrow from the terella when the magne- « tisation is increased,................ »

Mais la valeur de R_{min} dépend aussi de la surface-trajectoire. En effet, la formule (A) du § 11 montre que la constante $\varkappa$ n'est pas la même pour toutes les surfaces. On voit ainsi que la valeur de $\varkappa$ est très petite lorsque d^2 est très près de l'unité. Pour déterminer la valeur maxima et minima de l'angle ω du § 11 on a en vertu la formule (15 et de la formule (A) du § 11

$$- \sin \omega + \gamma = \frac{\pm (\gamma^2 - 1) \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)(d^2 - 1)}}{\alpha^2 + \beta^2 \pm \gamma \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)(d^2 - 1)}} .$$

Maintenant si d^2 est très près de l'unité, la différence entre la valeur maxima et minima de ω est très petite. L'angle au sommet du cône de révolution associé est donc très petit. On aura *Si l'angle développé L_1SL_2 du cône de révolution associé diminue la valeur de R_{min} diminue aussi.*

Il est facile de vérifier que l'expression $\frac{\varepsilon . \mu}{m . v.}$ doit avoir pour dimension une longueur. La masse magnétique μ a pour dimension

$$[\mu] = \left[l^{\frac{3}{2}} . m^{\frac{1}{2}} . t^{-1} \right]$$

Ici l est longuenr, m masse et t temps. En unités électromagnétiques la charge d'électricité a pour dimensions[1].

$$[\varepsilon] = \left[l^{\frac{1}{2}} . m^{\frac{1}{2}} \right]$$

et la vitesse v a pour dimension

$$[v] = \left[l . t^{-1} \right]$$

Donc

$$\left[\frac{\varepsilon . \mu}{m . v} \right] = \left[\frac{l^{\frac{1}{2}} . m^{\frac{1}{2}} . l^{\frac{3}{2}} \; m^{\frac{1}{2}} . t^{-1}}{m . l . t^{-1}} \right] = [l]$$

En effet, après la formule F=H.v.ε. sin (H,v), on a

$$\left[m . l . t^{-2} \right] = \left[l^{-2} \right] . \left[l^{\frac{3}{2}} . m^{\frac{1}{2}} . t^{-1} \right] . \left[l . t^{-1} \right] . [\varepsilon]$$

$$[\varepsilon] = \left[l^{\frac{1}{2}} . m^{\frac{1}{2}} \right]$$

II. *La trajectoire dans le voisinage du plan des x y, le plan d'équateur*

14. En posant dans la formule (19) $\alpha = \beta = 0$ on obtient l'équation d'une surface de révolution avec l'axe des z comme axe

(23) $$-\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} = 1 - \frac{1}{\gamma}$$

où γ^2 est plus grand que l'unité. La valeur correspondante de $\Delta(u)$ sera donc

(24) $$\Delta(u) = k \,.\, \mu \,.\, \left(\gamma - \frac{1}{\gamma}\right)$$

La courbe d'intersection entre la surface (23) et le plan des $x\,y$ est un cercle de rayon R_0 donné par la formule

$$\frac{2\lambda}{\sqrt{R_0^2 + \lambda^2}} = 1 - \frac{1}{\gamma}$$

obtenue en posant dans l'équation (23) $z = 0$. On aura

$$R_0 = \lambda \sqrt{4\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^2 - 1}$$

Lorsque $|\gamma|$ augmente le rayon R_0 diminue, tandis que $\Delta(u)$ augmente. Au contraire lorsque $\gamma > 1$ tend vers l'unité le rayon R_0 augmente et l'expression $\Delta(u)$ diminue. Il est donc toujours possible de déterminer une valeur de γ telle que le rapport

$$\frac{|\Delta(u)|}{R_0}$$

est aussi près de l'unité qu'on le veut. Soit γ_0 une valeur de γ pour laquelle

$$\frac{|\Delta|}{R_0} < 1$$

mais pourtant très près de l'unité. Le rayon R_0 est alors

(23 *a*) $$R_0 = \lambda \sqrt{4\left(\frac{\gamma_0}{1-\gamma_0}\right)^2 - 1}$$

est la valeur de $\Delta(u)$

(24 *a*) $$\Delta(u) = k \,.\, \mu \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0}\right)$$

Soit Q un point sur le cercle de rayon R_0 donné par (23a) et considérons le mouvement de la particule électrisée suivant la

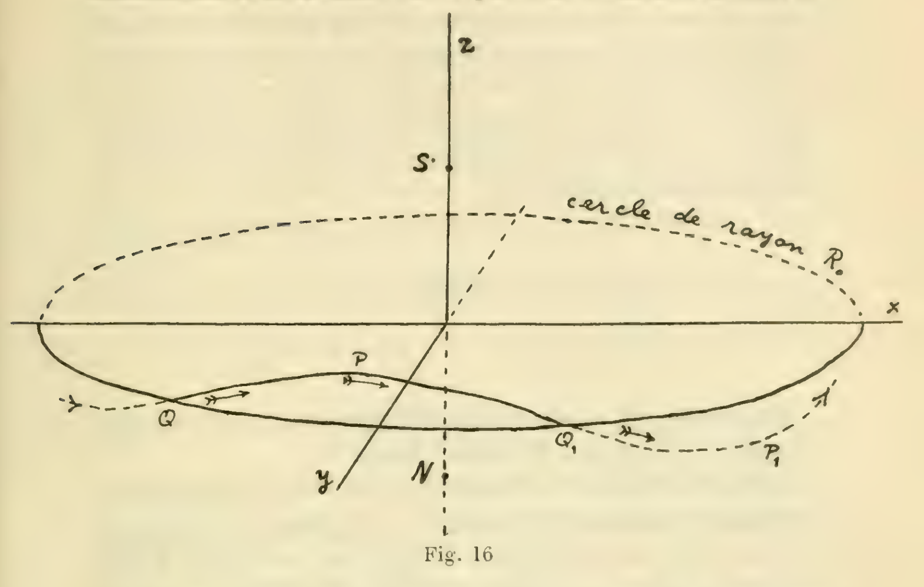


Fig. 16

trajectoire passant par Q où l'angle α_0 entre la trajectoire et un plan passant par Q et l'axe des z est donné par la formule

$$\sin \alpha_0 = \frac{\Delta(u)}{R_0}$$

Supposons que la particule se meuve vers les z positifs (voir la figure 16), la valeur de R diminue et l'angle α croit pour arriver à sa valeur maxima lorsque

$$\frac{|\Delta(u)|}{R_{\text{min.}}} = 1$$

c'est-à-dire lorsque

(25) $$R_{\text{min.}} = \mu \left| k \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0} \right) \right|$$

Soit P ce point et soit z_1 la valeur correspondante de z. En passant le point P la trajectoire est parallèle au plan des xy et après avoir passé le point P la valeur de z commence à diminuer pour devenir nulle en un point Q_1 sur le cercle de rayon R_0 où $|\sin \alpha|$ a sa valeur minimum. Après avoir percé le plan des xy la particule se meut sur la surface de révolution jusqu'au point

P_1 ou la valeur de z est $= -z_1$. Puis la particule commence à monter pour passer le plan des xy encore une fois dans un point du cercle de rayon R_0 et arriver a un point avec ordonnée z_1 où la particule commence à descendre de nouveau et ainsi de suite. Donc en décrivant des tours autour de l'axe des z sur la surface de révolution la particule se meut alternativement au-dessus et au-dessous le plan des xy dans un volume limité par les deux plans parallèles

$$z = z_1 \quad \text{et} \quad z = -z_1$$

et les deux cylindres de révolution

$$R = \lambda \sqrt{4\left(\frac{\gamma_0}{1-\gamma_0}\right)^2 - 1}, \quad R = \mu \left| k\left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0}\right) \right.$$

Nous avons ici trouvé l'anneau équatorial, qu'on voit dans l'expérience de M. Kr. Birkeland, figure 2.

Lorsqu'on augmente le facteur $k.\mu$ l'angle α augmente aussi, tandis que l'angle entre la trajectoire et le plan des xy diminue.

Pour avoir un anneau-plan il faut donc avoir une grande masse magnétique μ *et des particules* ε *facile à dévier.*

Supposons que α et β ne sont pas nuls, mais très petits et $\gamma^2 > 1$. La surface trajectoire n'est pas une surface de révolution.

L'intersection entre la surface et le plan des xy est alors une courbe fermée C.

Si le rayon secteur *minimum* R_1 de cette courbe est tel que

$$\left| \frac{\Delta(u)}{R} \right| < 1$$

on peut encore avoir un anneau équatorial.

15. La trajectoire sur une surface-trajectoire qui est une surface de révolution avec l'axe des z comme axe a une propriété caractéristique.

L'équation (21) du § 12 nous donne en posant $ds = vdt$:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} vk\mu \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0}\right)$$

d'où en intégrant

$$A = \frac{1}{2} vk\mu \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0}\right)(t - t_0);$$

autrement dit : *l'aire A est proportionnelle au temps employé à la décrire. Donc, le théorème des aires s'applique à la projection du mouvement sur le plan des xy.*

La constante des aires est $\frac{1}{2} v k \mu \left(\gamma_0 - \frac{1}{\gamma_0}\right)$, ou $v k = \frac{\varepsilon}{m}$.

Si la charge d'électricité est négative, le rapport $\frac{\varepsilon}{m}$ est constant pour toutes les particules. Donc pour des particules de charge négative la constante des aires est indépendante de la particule.

Dans le cas actuel les équations (9) deviennent

$$\frac{d\mathrm{R}}{ds} = +\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{H}}\sqrt{\mathrm{F}}, \qquad \frac{dz}{ds} = +\frac{\mathrm{Z}}{\mathrm{H}}\sqrt{\mathrm{F}}$$

car $\Delta'(u) = 0$. On voit que $\frac{d\mathrm{R}}{ds}$ et $\frac{dz}{ds}$ sont bien nuls pour $\frac{|\Delta|}{\mathrm{R}} = 1$, car dans ce cas on a $\mathrm{F} = 0$. R a sa valeur maxima dans le plan des xy il faut donc que $\frac{d\mathrm{R}}{ds} = 0$ pour $z = 0$. C'est aussi le cas, car $\mathrm{U} = 0$, pour $z = 0$.

16. Nous avons démontré que la trajectoire est, en général, une ligne géodésique de la surface $\varphi = 0$. Cependant il y a un cas d'exception, que nous allons traiter.

Des équations

$$(25) \qquad \begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{dy}{ds} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{dz}{ds} = 0 \\ &\frac{\partial\varphi}{\partial x}\mathrm{X} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\mathrm{Y} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\mathrm{Z} = 0 \end{aligned}$$

nous tirons

$$(26) \qquad \begin{aligned} k\left(\mathrm{Y}\frac{dz}{ds} - \mathrm{Z}\frac{dy}{ds}\right) &= \lambda\frac{\partial\varphi}{\partial x} \\ k\left(\mathrm{Z}\frac{dx}{ds} - \mathrm{X}\frac{dz}{ds}\right) &= \lambda\frac{\partial\varphi}{\partial y} \\ k\left(\mathrm{X}\frac{dy}{ds} - \mathrm{Y}\frac{dx}{ds}\right) &= \lambda\frac{\partial\varphi}{\partial z} \end{aligned}$$

λ étant un facteur que nous avons trouvé égal à $-\frac{\psi}{\mathrm{R}^2}$.

Supposons qu'on veut chercher s'il existe des trajectoires

planes dans le plan des xy. On a alors identiquement $X \equiv Y \equiv 0$. Les équations (25) deviennent

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial \varphi}{\partial y}\frac{dy}{ds} + \frac{\partial \varphi}{\partial z}\frac{dz}{ds} = 0, \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial z} . Z = 0$$

Il faut donc que $\frac{\partial \varphi}{\partial z} \equiv 0$; les équations (25) se réduisent à

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial \varphi}{\partial y}\frac{dy}{ds} = 0$$

qui ne dit rien sur l'équation $\varphi = 0$. Les formules qui sont encore valables sont (2) et (7). Elles sont dans le cas actuel où $\frac{dz}{ds} = 0$, $z = 0$ pour deux pôles magnétiques S et N :

$$R^2 \frac{d\varphi}{ds} = \frac{2k\mu\lambda}{\sqrt{R^2 + \lambda^2}} + C$$

$$\left(\frac{dR}{ds}\right)^2 = 1 - \left[\frac{2k\mu\lambda}{\sqrt{R^2 + \lambda^2}} + C\right]^2 \frac{1}{R^2}$$

où on peut éliminer l'arc s et trouver l'angle φ par quadrature. Il existe donc dans le plan des xy des trajectoires; mais ce sont des trajectoires singulières.

Il n'existe pas de trajectoires dans un plan parallèle au plan des xy. En effet, soit $z = c$ un plan parallèle au plan des xy. Dans ce plan les composantes X et Y ne sont pas identiquement zéro : il faut donc en vertu de la troisième des équations (1)

$$x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds} = 0$$

d'où en intégrant

$$y = c_1 x$$

c_1 étant une constante d'intégration. D'autre part nous avons en vertu des deux premières des équations (1) où on pose $z = c$ et $y = c_1 x$

$$\frac{d^2x}{ds^2} = -c_1 k Z \frac{dx}{ds}, \qquad c_1 \frac{d^2x}{ds^2} = k Z \frac{dx}{ds}$$

d'où :

$$-c_1 k Z \frac{dx}{ds} = \frac{1}{c_1} k Z \frac{dx}{ds}$$

On ne peut pas avoir identiquement $Z = 0$ ou $\frac{dx}{ds} = 0$, il faut donc que

$$c_1^2 + 1 = 0$$

ce qui est impossible. On ne peut pas avoir $\frac{dx}{ds} = 0$ ou $x = c_2$, c_2 étant une constante. Car dans ce cas nous avons pour la trajectoire

$$x = c_2, \qquad y = c_1 c_2, \qquad z = c$$

qui est un point de l'espace.

III. *La trajectoire très éloignée des masses magnétiques.*

17. Maintenant supposons la particule très éloignée des masses magnétiques, c'est-à-dire supposons R très grand. Les expressions

$$\Delta(u) \qquad \text{et} \qquad \frac{\Delta'_1(u)\,\Delta(u)}{x^2}$$

qui sont des fonctions de $\frac{y}{x}$ seul d'après les formules (16) et (18*a*) ont une limite supérieure qui dépend seulement du rapport $u = \frac{y}{x}$. Les expressions

$$\frac{\Delta(u)}{\mathrm{R}} \qquad \text{et} \qquad \frac{\Delta'(u)\,\Delta(u)}{x^2\mathrm{R}}$$

sont donc très petites lorsque R est très grand. Dans les formules (9) et (9*a*) la quantité P est très petite et F très près de l'unité. Donc en négligeant des termes très petits les équations (9) et (9*a*) deviennent

$$\frac{d\mathrm{R}}{ds} = \pm \frac{\mathrm{U}}{\mathrm{H}}$$

$$\frac{dz}{ds} = \pm \frac{\mathrm{Z}}{\mathrm{H}}$$

$$\frac{d\varphi}{ds} = 0$$

qui sont les équations différentielles des lignes de force. Les lignes de force elles-mêmes se confondent sensiblement avec des lignes droites.

Pour qu'une particule électrisée venant de loin puisse arriver dans le voisinage des masses magnétiques il faut que la direction se confonde très sensiblement avec une ligne de force.

Dans le voisinage des masses magnétiques la trajectoire ne peut pas se confondre avec une ligne de force que si celle-ci est une ligne droite, car les équations différentielles de la trajectoire seront alors

$$\frac{dx}{ds} = \frac{X}{H}, \qquad \frac{dy}{ds} = \frac{Y}{H}, \qquad \frac{dz}{ds} = \frac{Z}{H}$$

d'où en vertu des équations (1)

$$\frac{d^2x}{ds^2} = \frac{d^2y}{ds^2} = \frac{d^2z}{ds^2} = 0$$

En intégrant nous trouverons des lignes droites.

Aimant élémentaire

18. On appelle *aimant élémentaire* un aimant dont les dimensions peuvent être regardées comme infiniment petites *par rapport* aux dimensions du champ dans lequel on étudie son action. Les aimants élémentaires sont supposés avoir la forme de cylindres droits avec les pôles concentrés sur les bases. En supposant la longueur 2λ très petite, mais fixe, on peut donc appliquer les résultats obtenus dans les § 11-17.

Trondhjem, octobre 1911.

NOTE ADDITIONNELLE I

On peut généraliser les résultats précédents en considérant un champ magnétique où un plan quelconque passant par l'axe des z est un plan de symétrie pour les masses magnétiques. Dans ce cas la force magnétique H est toujours dans un plan avec l'axe des z. Donc

$$X.y - Yx = 0 \tag{1}$$

Soient (a, b, c) les coordonnées de la masse magnétique μ et

$$r = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2}$$

sa distance au point (x, y, z) de l'espace. On a alors

$$X = \Sigma\mu\frac{x}{r^3}, \qquad Y = \Sigma\mu\frac{y}{r^3}, \qquad Z = \Sigma\mu\frac{z-c}{r^3}$$

car nous avons en vertu de la relation (1)

$$\Sigma\mu\frac{a}{r^3} = 0, \qquad \Sigma\mu\frac{b}{r^3} = 0 \tag{2}$$

la somme Σ étant étendue à toutes les masses μ. Si les masses magnétiques étaient $c\mu$ au lieu de μ, la force magnétique serait encore dans un plan avec l'axe des z, d'où

$$(2) \qquad \Sigma\mu \frac{c \cdot a}{r^3} = 0, \qquad \Sigma\mu \frac{c \cdot b}{r^3} = 0$$

L'expression

$$\psi = -k \Sigma\mu \frac{z-c}{r} + \mathrm{C}$$

la somme Σ étant étendue à toutes les masses magnétiques μ et C une constante, est une fonction de R et de z. En posant $x = \mathrm{R} \cos \varphi$, $y = \mathrm{R} \sin \varphi$ nous avons

$$r^2 = (\mathrm{R} \cos \varphi - a)^2 + (\mathrm{R} \sin \varphi - b)^2 + (z-c)^2$$

Donc

$$\frac{\partial \psi}{\partial \mathrm{R}} = k \Sigma \frac{\mu}{r^3}(z-c)\left[(\mathrm{R} \cos \varphi - a) \cos \varphi + (\mathrm{R} \sin \varphi - b) \sin \varphi\right]$$

$$= k\mathrm{R} \Sigma\mu \frac{z-c}{r^3}$$

en vertu des formules (2). De même nous avons

$$\frac{\partial \psi}{\partial z} = -k \Sigma\mu \frac{1}{r} + k \Sigma\mu \frac{(z-c)^2}{r^3} = -k\mathrm{R}^2 \Sigma \frac{\mu}{r^3}$$

Les équations (1) du § 1 donnent

$$x \frac{d^2y}{ds^2} - y \frac{d^2x}{ds^2} = -k(\mathrm{X}x + \mathrm{Y}y)\frac{dz}{ds} + \mathrm{Z}\left(x \frac{dx}{ds} + y \frac{dy}{ds}\right)$$

$$= -k \mathrm{R}^2 \frac{dz}{ds} \Sigma \frac{\mu}{r^3} + k \mathrm{R} \frac{d\mathrm{R}}{ds} \Sigma\mu \frac{z-c}{r^3}$$

Donc

$$x \frac{d^2y}{ds^2} - y \frac{d^2x}{ds^2} = \frac{\partial \psi}{\partial z} \frac{dz}{ds} + \frac{\partial \psi}{\partial \mathrm{R}} \frac{d\mathrm{R}}{ds}$$

En intégrant nous obtenons [1]

$$x \frac{dy}{ds} - y \frac{dx}{ds} = -k \Sigma\mu \frac{z-c}{r} + \mathrm{C}$$

qui est l'équation (2) du § 2 généralisée. Si l'on introduit dans les formules (5) et (7)-(14) des §§ 2-7, cette nouvelle expression de ψ, les formules sont valables pour le cas actuel.

Trondhjem, octobre 1911.

[1] M. Störmer a démontré l'existence d'une intégrale de cette forme. L'expression de la fonction à droite est donnée par lui dans le cas d'un aimant élémentaire et dans le cas de deux pôles magnétiques.

NOTE ADDITIONNELLE II

En étudiant le mouvement d'une particule électrisée soumise non seulement à l'action d'un champ magnétique, mais aussi à l'action de forces qui sont répulsives ou attractives (par exemple comme une force électrique); j'ai obtenu des résultats intéressants que je publierai dans un autre mémoire. Ici je mentionnerai aussi brièvement que possible un des résultats principaux.

Nous supposons : La force magnétique H sur un pôle magnétique -1 et la résultante K des forces répulsives ou attractives sur la particule en (x,y,z) sont toujours dans un plan avec l'axe des z. Soient X, Y, Z les composantes de H et L, M, N les composantes de K. Les équations du mouvement sont alors (voir le § 1 du mémoire précédent).

$$(1') \qquad \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{1}{m}\mathrm{L} + \frac{\varepsilon}{m}\left(\mathrm{Y}\frac{dz}{dt} - \mathrm{Z}\frac{dy}{dt}\right) \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{1}{m}\mathrm{M} + \frac{\varepsilon}{m}\left(\mathrm{Z}\frac{dx}{dt} - \mathrm{X}\frac{dz}{dt}\right) \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{1}{m}\mathrm{N} + \frac{\varepsilon}{m}\left(\mathrm{X}\frac{dy}{dt} - \mathrm{Y}\frac{dx}{dt}\right) \end{aligned}$$

où on a $\mathrm{L}y - \mathrm{M}x = 0$, $\mathrm{X}.y - \mathrm{Y}x = 0$. De ces équations nous obtenons de la même manière que dans la note I.

$$x\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left\{-\frac{\varepsilon}{m}\Sigma\mu\frac{z-c}{r} + \mathrm{C}\right\}$$

En intégrant nous avons

$$(2') \qquad x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = -\frac{\varepsilon}{m}\Sigma\mu\frac{z-c}{r} + \mathrm{C}$$

Désignons par ψ_1 l'expression à droite et considérons la surface $\varphi_1 = 0$ formée par les lignes de forces du champ magnétique passant par tous les points de la trajectoire. L'équation d'une telle surface peut être écrite sous la forme

$$(3') \qquad \varphi_1 = \psi_1 - \Delta_1\left(\frac{y}{x}\right) = 0$$

où Δ_1 est une fonction de $\frac{y}{x}$ seul. Nous allons démontrer que *cette*

surface-trajectoire est une des surfaces trouvée dans mon mémoire où le champ K est supposé nul. Seulement la trajectoire n'est plus une ligne géodésique de la surface mais une autre courbe, savoir la courbe décrite d'un mobil en mouvement sur la surface $\varphi_1(x, y, z) = 0$ et soumise à l'action d'une force K de composantes L, M, N.

D'abord nous allons voir que les équations du mouvement (1) se réduisent à

$$(4') \quad \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{1}{m} \mathrm{L} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{1}{m} \mathrm{M} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{1}{m} \mathrm{N} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial z} \end{aligned}$$

où

$$\varphi_1(x, y, z) = 0$$

et

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}, \quad \frac{\partial \varphi_1}{\partial y}, \quad \frac{\partial \varphi_1}{\partial y}$$

sont donnés par les formules (4) § 2 en remplaçant k par $\frac{m}{\varepsilon}$ et $\Delta(u)$ par $\Delta_1(u)$. La troisième des équations (4′) est facile à vérifier. On a

$$\begin{aligned} \frac{d^2z}{dx^2} = \frac{1}{m} \mathrm{N} + \frac{\varepsilon}{m} \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) \Sigma \mu \frac{1}{r^3} &= \frac{1}{m} \mathrm{N} + \frac{\varepsilon}{m} \psi_1 \Sigma \mu \frac{1}{r^3} \\ &= \frac{1}{m} \mathrm{N} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial z} \end{aligned}$$

Supposons que les deux premières des équations (4′) ne sont pas exactes ; on pourra les écrire

$$(5') \quad \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{1}{m} \mathrm{L} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \mathrm{W}_0 \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{1}{m} \mathrm{M} - \frac{\psi_1}{\mathrm{R}^2} \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} + \mathrm{W}_1 \end{aligned}$$

en choisissant les expressions W_0 et W_1 convenablement. Nous allons démontrer que $\mathrm{W}_0 = \mathrm{W}_1 = 0$. Les équations (5′) donnent

$$x \frac{d^2x}{dt^2} + y \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{m} (\mathrm{L}x + \mathrm{M}y) - \frac{\varepsilon}{m} \psi_1 \mathrm{Z} + \mathrm{W}_0 x + \mathrm{W}_1 y$$

D'autre part les équations (1′) donnent

$$x\frac{d^2x}{dt^2} + y\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{m}(\mathrm{L}x + \mathrm{M}y) - \frac{\varepsilon}{m}\psi_1\mathrm{Z}$$

Les deux expressions doivent être égales d'où $\mathrm{W}_0x + \mathrm{W}_1y = 0$ des équations (5′) nous obtenons encore parce que $\mathrm{M}x - \mathrm{L}y = 0$

$$x\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{x^2}\Delta'_1(u)\psi_1 + \mathrm{W}_1x - \mathrm{W}_0y$$

L'expression à gauche est $\frac{d\psi_1}{dt}$, d'où

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \frac{1}{x^2}\Delta'_1(u)\psi_1 + \mathrm{W}_1x - \mathrm{W}_0y$$

Différentions l'équation (3′) ; nous obtenons

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \frac{1}{x^2}\Delta'_1(u)\left(x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}\right) = \frac{1}{x^2}\Delta'_1(u).\psi_1$$

donc

$$\mathrm{W}_0y - \mathrm{W}_1x = 0$$

Cette équation avec l'équation $\mathrm{W}_0x + \mathrm{W}_1y = 0$ nous donne $\mathrm{W}_0 = \mathrm{W}_1 = 0$.

Les équations du mouvement sont donc de la forme (4′) qui sont les équations différentielles d'une particule en mouvement sur la surface $\varphi_1 = 0$ est soumise à l'action d'une force K de composantes (L, M, N).

Pour déterminer la fonction inconnue $\Delta_1\left(\frac{y}{x}\right)$ nous procédons de même manière que dans mon mémoire § 9.

Supposons qu'il y a sur l'axe des z une masse magnétique isolée μ_0 concentrée en un point M. Décrivons de ce point comme centre une sphère de rayon très petit mais fini. S'il y a à l'intérieur de cette sphère une des causes du champ (L, M, N) nous supposons que c'est une masse e (par exemple une charge électrique) placée au centre M de la sphère exerçant sur la particule une force qui est inversement proportionnelle au carré de la distance. Dans une distance suffisamment petite du point M l'action des autres forces devient négligeable devant l'action de la masse magnétique μ_0 et la masse e. Donc la surface-

trajectoire doit se confondre avec un cône de révolution de sommet au point M[1]. On a donc (§ 9)

$$J_1\left(\frac{y}{x}\right) = \pm \frac{\varepsilon}{m} \mu_0 \frac{(\gamma^2 - 1)\sqrt{(ax + \beta y)^2 - R^2(1 - \gamma^2)}}{ax + \beta y \pm \gamma \sqrt{(ax + \beta y)^2 - R^2(1 - \gamma^2)}}$$

et nous avons trouvés les mêmes surfaces que dans le cas K = 0.

En supposant que le champ (L, M, N) dérive d'un potentiel newtonien on peut ramener le problème d'intégrer les trois équations (1′) qui sont de deuxième ordre à trois équations différentielles du premier ordre, et étudier sans trop de difficulté les trajectoires sur la surface.

[1] M. Poincaré a dans le cas $e = o$ trouvé que la surface-trajectoire est un cône de révolution. *C. R.*, 1896, p. 530.

M. Appell a démontré le même dans le cas ou e est différent de zéro. *Annaes scientificos da Academia Polytechnica do Porto.* Volume IV, 1909.

Trondhjem, décembre 1911.

EXAMEN
DE QUELQUES PHÉNOMÈNES POST-VOLCANIQUES

PAR

Albert BRUN

Les recherches sur le volcanisme, publiées dans ce recueil de 1905 à 1910, ont amené à considérer l'éruption paroxysmale d'un volcan comme étant un phénomène anhydre.

M. le prof. C. Sarasin[1] a donné ici-même un résumé complet de ces études et mis la question au point. Je n'y reviendrai pas.

J'ajouterai seulement que M. le Dr Gaetano Ponte[2], de l'Institut minéralogique et volcanologique de l'Université de Catane, a pu vérifier un grand nombre de ces nouvelles conclusions, en étudiant sur le terrain les éruptions de l'Etna, qui ont eu lieu en mars-avril 1910 et septembre 1911.

On peut donc considérer cette donnée géologique comme étant suffisamment assise.

La connaissance du phénomène explosif entraîne avec elle la nécessité de suivre l'évolution des masses amenées au jour. En sorte que l'étude du paroxysme volcanique ne peut être considérée que comme le prélude de recherches destinées à éclaircir les phénomènes post-éruptifs appartenant soit à l'exhalaison, soit à la coulée de laves. Il s'agira donc d'examiner :

1° L'action sur l'eau et l'atmosphère, de l'exhalaison et de la coulée de lave après sa cristallisation.

[1] Prof. C. Sarasin. Le caractère de l'exhalaison volcanique d'après M. Albert Brun. *Archives*, 4e période, t. XXXI, avril 1911, p. 346.

[2] Dr Gaetano Ponte. Studi sull'Eruzione Etnea del 1911. *Reale Academia dei Lincei*, serie 5, Vol. VIII, Roma 1911. — *Id., Nota preventiva sull' Eruzione Etnea del 10 settembre 1911,* Catania 1911.

2° Les conditions de cristallisation des roches éruptives.

Pour ce qui concerne la première question, les données que nous connaissons permettront facilement de se rendre compte de ce qui se passe. Aussi je ne m'y arrêterai que très peu.

Mais si l'on veut aborder la seconde question, alors nous constaterons bientôt l'ignorance complète dans laquelle nous sommes.

Nous savons, il est vrai, à peu près bien comment cristallisent quelques roches calcico-basiques (à pyroxènes), ceci grâce aux travaux de savants tels que Michel Lévy, Fouqué, Vogt, etc. etc. Mais aussitôt que nous voulons pénétrer dans la genèse des roches dites acides alumino-alcalines (granits) nous sommes arrêtés par des difficultés insurmontables.

Nous ignorons tout de la genèse des amphibolites, gneiss, granits, etc. Nos notions là-dessus sont très vagues.

En réalité, pour ces dernières roches, nous possédons plus d'hypothèses que d'expériences, plus de considérations théoriques que de faits et plus de descriptions que de synthèses.

Il faut donc aborder résolument ces questions malgré leurs difficultés. Il a déjà été obtenu à l'égard des roches alumino-alcalines quelques résultats expérimentaux, qui sont très encourageants.

Il ne tient qu'aux chercheurs de donner à ces espérances naissantes, une forme tangible. Puissent les lignes qui vont suivre, encourager les travailleurs à explorer une voie d'une fécondité admirable.

Air, Eau, Exhalaison volcanique et coulée de lave

Examinons rapidement cette question.

Il n'y aura rien de particulièrement neuf à annoncer, car le lecteur connaissant les caractères de l'exhalaison et du magma éruptif aura déjà, de lui-même, établi ses conclusions.

Je veux seulement examiner si dans le monde moderne, les éruptions sont une cause modificatrice de la répartition des quantités d'oxygène, d'azote et d'eau dont la Terre dispose.

Le magma arrive au jour, riche en carbone, en hydrocar-

bures, en fer incomplètement oxydé. Nous savons qu'un kilog de lave du Vésuve pourra fournir 5 litres de CO_2. D'autre part, pour achever l'oxydation intégrale de son fer, il faudra 6 litres d'oxygène : ce qui fait un total de ce gaz assez considérable.

Si le volcan, pendant qu'il est chaud, brûle assez rapidement son carbone, si les lapillis se rubéfient et s'oxydent assez vite dans le cratère, il n'en est pas de même à froid.

Cette oxydation devient extrêmement lente. Cependant elle existe, et l'étude des terres rouges des tropiques montre que les pluies chaudes tropicales altèrent très vite les cendres et les lapillis et que la rubéfaction des rejets volcaniques se poursuit sans relâche.

Il y aura donc absorbtion continue de l'oxygène, qui, une fois fixé, a bien peu de chances de revenir à l'état gazeux. Cependant en sens contraire, il ne faut pas oublier que la végétation est un cycle dont les termes finaux sont une libération d'oxygène et une fixation de carbone non oxydé sous forme de houilles [1].

Le végétal est donc l'intermédiaire qui sert à transformer le carbone des laves, à l'accumuler en certaines positions géologiques, tandis qu'il était tout d'abord disséminé, lorsqu'il vint au jour par l'éruption.

On pourrait donc croire qu'il n'y a ni gain, ni perte en O_2. On pourrait encore même dire, comme Arrhénius, que l'origine de l'oxygène de notre atmosphère est due à la végétation seule. Mais je ne suis pas tout à fait de cet avis.

En effet, si nous totalisons le CO_2 du globe, nous voyons que si dans le cycle végétatif il n'y a, en réalité qu'une insensible variation en O_2, il n'en est pas de même au point de vue sédimentaire.

La formation des calcaires exige une absorption énorme de CO_2. La décomposition des labradors, des anorthites, des résidus vitreux des laves exige d'énormes quantités de CO_2 qui se fixe en CO_3Ca. Les animaux marins (polypiers, mollusques, etc.) ont fixé et fixent des quantités de CO_2 comparables et supérieures à celles que la végétation peut décomposer pour donner de la houille.

[1] Les houilles contiennent toujours un peu de O_2.

De plus, une coulée de lave absorbera pour sa propre décomposition une dose d'oxygène proportionnelle à la totalité du carbone qu'elle contient, le CO_2 formé attaquera la propre chaux des labradors, oligoclases, etc. de cette lave.

Ce n'est donc qu'une petite portion du CO_2 qui passe par le cycle végétatif et sera régénéré en O_2. = N'oublions pas non plus, que l'hydrocarbure éruptif absorbera encore beaucoup d'oxygène en donnant de l'eau par sa combustion.

Le résultat final est donc une perte d'oxygène pour notre atmosphère.

C'est le contraire pour l'azote.

L'azote est amené constamment par le volcan sous forme d'ammoniaque et d'azote libre : ce dernier ne pouvant, à la température superficielle actuelle, entrer dans une combinaison stable, sera constamment jeté dans l'atmosphère et l'enrichira en ce gaz.

L'ammoniaque sous forme de sel chloré, rejeté en si grande quantité par le volcan, entrera dans le cycle végétatif et animal, et par la fin de la vie, il sera régénéré après une suite de transformations diverses.

Mais dans la durée des temps géologiques l'NH_3 n'est pas assez stable, et il donnera de l'eau et de l'azote libre toutes les fois qu'il sera soumis à une réaction oxydante; en sorte que cet azote-là viendra s'ajouter encore à l'azote libre lancé par le volcan.

L'eau devra fatalement, comme l'oxygène, disparaître ou diminuer. En effet, la lave possède des composés hydratables : ce sont les silicates alumineux, les oxydes de fer, les silicates alcalino-alumineux, qui donnent les limons argileux, les zéolites, chlorites, micas, etc. Une coulée de basalte ancienne a ses vacuoles remplies de ces minéraux hydratés et ceci d'autant plus vite qu'elle existe dans un climat plus chaud.

La tranformation se fait rapidement dans les mers chaudes.

L'eau fixée ainsi ne réapparaîtra plus en nature, à moins d'être, par des mouvements orogéniques, ramenée dans des régions profondes où la roche se deshydratera grâce à la température. Mais il n'est pas certain que cette régénération compense la perte.

Cette hydration, très lente, est continue.

Notre globe marche donc vers une deshydratation : ou, plus exactement, vers une fixation de l'eau qui devient perdue en tant que matière mobile.

L'eau, en diminuant achemine les océans vers une concentration toujours plus grande en sels dissous.

D'autre part, le volcan jette perpétuellement à la surface, du chlore, des chlorures alcalins, des composés sulfurés plus ou moins oxydés, etc. Tous ces corps sont solubles. L'exhalaison acide attaque les roches, libère la silice inerte, et l'eau de pluie entraîne à la mer les masses rendues solubles par les réactions pyrogénées volcaniques. Par conséquent, de son côté, le volcan enrichira perpétuellement la salure des océans.

Enfin, il est donc possible de se représenter l'état final de notre croûte terrestre, au moment où les éruptions n'auront plus la puissance voulue pour percer cette croûte, alors trop épaisse.

Les matériaux solides seront moins denses parce qu'ils seront hydratés. Les océans seront fortement diminués et fortement enrichis en sels. L'atmosphère sera appauvrie en oxygène, si tant est qu'il en reste encore et directement enrichie en azote.

Maintenant il s'agit d'examiner le deuxième problème.

Quelles sont les conditions de cristallisation des roches éruptives ?

Il n'est pas possible d'étudier la question dans son ensemble, ce serait entreprendre toute la pétrogenèse. Je laisserai donc de côté les conditions de formation des roches basiques, pour aborder celles des roches alumino-alcalines. En d'autres termes, je laisserai de côté ce qui est à peu près connu pour aborder ce qui est encore énigmatique.

Comme ce sujet est très spécial, il conviendra pour la commodité didactique d'en faire l'objet d'une publication particulière sous le titre de *Etudes sur la cristallisation des roches alumino-alcalines acides,* dont le premier chapitre paraîtra dans un des prochains fascicules des *Archives*. J'espère que le succès des expériences en cours permettra de lui donner rapidement une suite.

A propos d'une récente publication de M. Jean Mascart[1]

SUR LES

VOLCANS DES ILES CANARIES

PAR

A. BRUN

En 1910, M. Jean Mascart, astronome attaché à l'Observatoire de Paris, fut adjoint, dans le but d'étudier la comète de Halley, à une mission à Ténérife organisée par le prof. Pannwitz sous les auspices de l'Association internationale contre la tuberculose.

M. Mascart a publié récemment une relation de ce voyage qui comprend une description de l'Ile de Ténérife et en particulier de ses volcans[1]. Or, dans cette description, l'auteur fait de très importants emprunts à une publication faite par M. Montagnier et moi-même en 1908[2], dont il cite textuellement des passages entiers. Cette manière de procéder n'a en somme rien que de très flatteur et je l'aurai acceptée comme un hommage, si la façon dont M. Mascart cite les textes, n'était pas faite pour induire le lecteur à lui attribuer des observations et des descriptions qu'il n'a fait que nous emprunter, sans y rien changer.

Ainsi aux pages 251 et 252 de son livre on lit des phrases entières tirées textuellement des pages 148 et 149 de ma description ; aux pages 254-255, ces citations textuelles représentent

[1] J. Mascart. *Impressions et observations dans un voyage à Ténérife.* Vol. in-8°, Flammarion, libr.-édit., Paris.

[2] A. Brun et Montagnier. *Archives,* février 1908, t. XXV, p. 146 à 171.

32 lignes copiées aux pages 164 et 169 de mon article, sans que jamais le moindre guillemet marque le caractère de ces emprunts. Le même fait se retrouve à la page 257 du livre de M. Mascart, qui contient plusieurs emprunts faits à mes pages 154 et 155.

Le procédé adopté par mon savant confrère vis-à-vis de nos personnes n'est évidemment pas conforme aux règles de la bibliographie ; il ne suffit pas de signaler par une note infra-marginale une publication dont on a copié de nombreux passages, à laquelle on a emprunté diverses observations, en laissant le lecteur dans le doute le plus absolu sur l'importance des emprunts faits à cette publication. Le minimum qu'on puisse demander dans ces cas-là c'est que les citations textuelles soient mises entre guillemets.

Le procédé de M. Mascart est d'autant plus curieux qu'il m'en a réservé à moi seul la faveur ; et dans le même livre nous voyons les citations faites des publications de Marcet, Léopold von Buch, Bory de S[t] Vincent, Laplace, clairement indiquées. Quelle est la raison de cette différence de traitement ? J'avoue ne pas la comprendre et je crois de mon devoir de réclamer, soit pour M. Montagnier et pour moi-même, soit pour les *Archives* qui ont publié notre article, la part qui nous revient dans la définition des phénomènes volcaniques de Ténérife. Les observations que signale M. Mascart à propos des stries et des cailloux réduits, ou bien à propos du cratère du Teyde, ont été faites par moi-même en compagnie de M. Montagnier ; je suis vraiment flatté que M. Mascart ait trouvé bon de les citer de façon si précise, mais je regrette qu'il semble vouloir s'en attribuer le modeste mérite.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Septembre, octobre et novembre 1911

(AUTOMNE 1911)

OBSERVATIONS DIVERSES

Septembre 1911

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* les 16 et 17 à Savatan ; les 16, 17, 22 et 29 à Dailly ; les 17, 22, 29 et 30 à l'Aiguille.

Orage le 8.

Halo lunaire le 6.

Octobre 1911

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* les 11, 13 et 17 à Savatan ; les 4, 10. 11, 29 et 30 à Dailly ; les 4, 11, 24 et 30 à l'Aiguille.

Neige sur le sol, du 1 au 4 à Dailly et à l'Aiguille.

Fœhn : les 4, 19 et 27 aux quatre stations.

Orage le 9 à 8 ¹/₄ h. du soir.

Novembre 1911

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* les 24 et 25 à Savatan ; les 10, 12 et 13 à Dailly, les 9, 10, 11, 13 et 23 à l'Aiguille.

Neige sur le sol le 14 et du 19 au 21 à Dailly ; du 10 au 22 à l'Aiguille.

Fœhn : le 22 aux quatre stations et le 27 aux trois stations inférieures.

Tremblement de terre, le 16 à 10 h. 30 m. du soir.

MOIS DE SEPTEMBRE 1911

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	710.1	664.8	+17.2	+17.4	70	36	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	**711.0**	665.6	20.9	19.7	53	29	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	710.4	665.3	22.3	21.3	51	25	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
4	709.5	665.1	23.0	**21.5**	44	21	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
5	710.0	665.3	22.7	20.9	40	17	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	710.4	**666.0**	22.7	21.2	46	**15**	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
7	709.7	665.0	21.8	19.8	42	17	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	707.9	663.5	22.7	21.0	42	17	3	1	2	0.1	....	....	....	0.4	....	0.5	....
9	706.5	662.1	22.0	19.7	**37**	16	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
10	706.2	661.7	**23.6**	19.2	38	17	1	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
11	705.0	661.5	20.1	18.5	43	17	2	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	707.3	663.2	21.9	20.3	39	16	2	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
13	708.1	663.7	21.3	18.7	49	27	7	7	4	....	....	....	....	....	....	....	....
14	703.7	659.7	20.1	16.4	58	42	6	6	6	....	....	....	....	0.5	....	0.3	....
15	701.3	656.4	16.3	13.1	77	81	9	9	9	**21.5**	....	**25.2**	....	21.8	....	21.2	....
16	704.0	658.4	11.8	9.7	100	100	10	10	10	18.0	....	20.5	....	16.2	....	14.9	....
17	706.6	659.2	10.5	7.8	86	77	9	8	10	0.9	....	2.5	....	3.2	....	3.4	....
18	710.5	663.2	12.0	9.2	48	27	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
19	707.5	661.7	14.1	12.3	52	24	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
20	702.3	656.9	15.6	13.7	52	44	7	7	8	7.2	....	5.7	....	8.7	....	6.9	....
21	**698.0**	652.7	9.8	7.1	93	90	10	10	10	16.5	....	15.6	....	16.7	....	16.4	....
22	698.9	652.5	**6.6**	**3.5**	87	100	10	10	10	17.4	....	18.6	....	**27.3**	....	**27.1**	....
23	699.2	**652.2**	6.9	3.8	93	88	10	10	10	7.1	....	9.5	....	9.6	....	8.2	....
24	705.2	657.7	9.3	6.8	88	63	10	9	9	1.7	....	2.5	....	1.3	....	1.4	....
25	708.4	662.1	12.8	10.6	75	51	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
26	709.4	663.7	13.1	11.5	74	59	3	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
27	710.5	665.0	14.1	12.1	70	52	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
28	710.5	664.8	15.0	10.8	65	59	6	8	9	....	....	....	....	....	....	....	....
29	708.4	662.2	11.7	9.0	94	87	10	10	10	2.9	....	4.5	....	6.2	....	5.8	....
30	703.9	659.0	9.0	5.9	87	78	10	10	10	13.5	....	11.5	....	11.9	..1	14.5	...2
Mois	706.68	661.34	+16.35	+14.08	63	47	1.5	1.4	1.7	106.8		119.1		126.8	1	120.6	2

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	709.48	709.14	708.88	709.17	664.59	664.40	664.32	664.44
2me » ...	705.81	705.44	705.69	705.64	660.89	660.13	660.15	660.39
3me » ...	705.12	705.24	705.30	705.22	659.06	659.06	659.45	659.19
Mois..	706.80	706.61	706.62	706.68	661.51	661.20	661.31	661.34

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	Savatan					
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+18.00	+24.92	+22.74	+21.89	+17.1	+28.1
2me » ...	14.42	18.27	16.36	16.35	13.2	20.0
3me » ...	9.59	12.01	10.86	10.82	8.5	13.5
Mois..	14.00	18.40	16.65	16.35	13.0	20.5
	Dailly					
1re décade...	+17.21	+23.24	+20.06	+20.17	+16.1	+25.0
2me » ...	11.85	16.66	13.40	13.97	10.4	18.2
3me » ...	7.22	9.17	7.97	8.12	5.4	10.8
Mois..	12.09	16.36	13.81	14.08	10.6	18.0

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	53	42	44	46	25	19	19	21
2me » ...	66	58	56	60	47	40	49	45
3me » ...	85	80	83	83	80	68	71	73
Mois..	68	60	63	63	51	42	46	47

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	0.8	1.2	0.8	0.9	1.4	1.4	0.0	0.9	1.0	1.6	1.3	1.3
2me » ...	4.9	4.8	5.9	5.2	4.9	4.5	5.1	4.8	4.6	4.8	6.1	5.2
3me » ...	8.0	7.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.2	7.4	8.1	7.7	7.3	7.7
Mois..	4.6	4.5	4.6	4.5	4.6	4.5	4.1	4.4	4.6	4.7	4.9	4.7

MOIS D'OCTOBRE 1911

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	700.5	654.1	+ **3.5**	+ 0.1	99	100	10	10	10	**25.5**	....	**26.7**	...	**37.2**	**23**	**38.2**	**25**
2	701.8	655.0	3.9	− **0.1**	80	97	6	5	9	2.7	....	2.8	....	2.1	1	2.6	1
3	700.0	654.2	6.8	+ 2.2	41	48	5	5	6	....	....	...	....	....	....	....	...
4	699.6	653.0	8.8	4.9	60	50	10	10	10	5.5	....	4.1	....	4.1	....	7.3	....
5	703.6	656.2	6.7	4.1	96	100	10	10	8	1.5	....	....	....	0.1	....	0.3	....
6	703.5	658.5	8.7	6.2	85	94	7	7	8	2.3	....	3.3	....	2.9	....	2.1	...
7	704.7	659.3	11.3	10.1	81	66	6	6	7	2.0	....	...	....	...	....	....	....
8	704.4	659.2	**14.0**	10.8	60	48	9	8	9	3.0	....	4.0	....	3.3	....	2.4	....
9	704.7	659.9	12.8	12.4	87	58	5	5	5	8.5	....	8.0	....	8.2	....	9.7	...
10	709.5	663.1	11.8	9.2	88	89	8	8	10	....	....	0.7	....	....	....	....	....
11	**712.3**	**665.3**	8.7	9.3	100	63	10	10	3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	710.1	664.4	9.7	**12.6**	92	29	6	5	0	....	....	...	....	...	....	....	....
13	706.5	661.2	10.3	11.9	86	23	4	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
14	705.9	660.4	12.7	11.0	73	46	4	6	6	....	....	...	....	....	....	....	....
15	706.7	661.0	12.1	11.1	83	71	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
16	706.5	660.6	13.3	11.2	59	26	3	2	2	....	....	0.5	....	...	...	...	....
17	706.3	660.8	10.9	11.3	91	33	4	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
18	706.5	661.4	13.4	11.2	52	23	1	0	1	....	....	....	....	...	....	....	....
19	708.0	661.9	12.0	10.8	56	26	3	4	2	....	....	....	....	...	....	....	....
20	708.7	662.4	11.4	10.1	64	31	5	5	4	...	...	....	....	....	....	....	....
21	702.4	658.0	12.5	11.0	49	33	0	3	3	0.6	....	....	....	0.3	....	0.4	....
22	700.1	655.8	12.1	8.9	75	60	6	7	7	2.2	....	3.0	...	3.7	....	2.9	....
23	702.7	657.6	11.6	8.9	59	47	2	1	6	13.2	...	13.6	....	14.6	....	11.0	...
24	701.7	654.7	8.5	5.8	84	67	4	4	6	3.2	....	...	....	3.4	....	3.1	...
25	694.4	649.4	7.2	3.6	71	76	8	6	5	4.2	...	5.1	....	4.5	....	4.4	....
26	696.8	650.3	8.1	5.7	52	26	2	1	2	....	...	....	....	....	....	....	....
27	**693.7**	**648.1**	9.5	6.1	55	48	6	8	8	12.5	...	11.6	....	10.9	....	10.3	....
28	697.7	651.4	6.7	4.2	72	52	5	5	6	....	....	....	....	....	....	...	....
29	706.9	659.8	6.9	4.0	70	59	5	5	6	0.2	....	....	....	0.3	....	0.4	....
30	711.6	664.2	6.1	4.5	79	51	4	3	3	....	....	...	....	....	....	....	....
31	708.9	661.5	8.2	5.8	**38**	**8**	4	4	4	...	....	....	....	...	....	....	....
Mois	704.09	658.13	+ 9.68	+ 7.71	72	53	5.4	5.2	5.0	87.1	....	83.4	....	95.9	24	98.1	26

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	702.90	702.77	703.99	703.22	656.94	656.97	657.85	657.25
2me » ...	707.96	707.49	707 86	707.77	662 07	661.76	661.96	661 93
3me » ...	701 45	701.40	701.78	701.55	655.57	655 34	655.68	655.53
Mois..	704.02	703.81	704.45	704.09	658.41	657.94	658.41	658.13

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 7.48	+11.12	+ 7.92	+ 8.84	+ 5.6	+11.7
2e » ...	9.86	13.14	11.34	11.45	8.6	14.0
3e » ...	7.49	10.80	8.27	8.85	6.2	12.0
Mois..	8.25	11.66	9.15	9.68	6.8	12.5

	Dailly					
1re décade...	+ 4.57	+ 7.76	+ 5.64	+ 5.99	+ 3.2	+ 8.9
2me » ...	9.05	14.09	10.03	11.06	7.6	15.4
3me » ...	4.81	8.24	5.65	6.23	3.5	9.5
Mois..	6.10	9.97	7.06	7.71	4.7	11.2

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	78	67	87	78	79	62	83	75
2me » ...	75	74	77	75	43	28	40	37
3me » ...	66	57	69	64	48	42	54	48
Mois..	73	66	78	72	56	44	59	53

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	7.4	7.0	8.8	7.7	7.5	7 6	7.3	7.5	7.7	8.5	8.4	8.2
2me » ...	4.7	3.0	4.9	4.2	5.0	3.2	3.3	3.8	3.6	1.6	1.1	2.1
3me » ...	4.6	3.8	4.6	4.4	4.8	3.9	4.1	4.3	6.0	4.6	4.3	5 0
Mois..	5.5	4.6	6.1	5.4	5.4	4.9	4.9	5.2	5.5	4.9	4.6	5.0

MOIS DE NOVEMBRE 1911

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	708.1	661.0	+ 7.7	+ 5.3	59	41	3	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
2	706.4	659.0	6.0	6.0	74	26	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	707.9	661 2	6.3	6.5	77	34	4	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	708.7	662.8	7.4	7.2	70	29	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	706.4	661.3	10.7	**10.1**	40	20	4	5	4	3.0	....	2.5	....	3 0	....	2.7	....
6	706.7	660.3	7.2	3.9	89	97	8	9	10	6.5	....	....	....	5.8	....	6.4	....
7	708.9	661.0	4.9	1.6	62	57	2	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
8	704.1	657.2	5.1	3.6	57	23	3	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
9	698.1	652 2	6.2	2.8	87	73	10	10	10	4.2	....	....	....	0.9	....	2.3	1
10	701.3	654.3	**2.2**	0.4	100	100	10	10	10	**8.3**	....	**8.8**	....	4.9	....	5.9	2
11	704.7	654.5	4.8	2 0	77	84	3	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
12	701.8	655 8	6.9	5.5	50	**11**	7	7	10	3.5	....	6 5	....	2.1	....	3 3	5
13	706 5	657.9	3.9	0.4	97	94	10	9	9	5.5	....	6.2	....	**10.5**	5	**10.9**	8
14	712 0	662.0	5.3	1.9	66	50	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
15	706.0	658.9	5.8	7.7	78	21	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	705.2	657.4	7.4	4.7	70	60	4	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
17	697.9	651.5	8.1	6.2	57	21	6	5	3	2.5	....	2.4	....	1.7	....	2.8	3
18	**687.1**	641.3	7.1	2.2	59	86	9	9	9	6.5	....	8.0	....	7.5	2	7.8	5
19	687.7	**640.4**	3.0	**0.0**	78	66	10	9	10	3.5	....	3.5	....	6.5	**15**	7.3	**17**
20	693.7	646.6	4.0	1 1	83	51	10	10	10	1.5	....	0.9	....	2.1	1	2.2	4
21	692.3	646.6	5.3	4.1	70	53	5	9	8	0.1	....	0.8	....	0 2	....	0.4	....
22	689.1	644.7	**11.9**	7.7	34	22	6	7	7	....	....	....	....	0.7	....	0.9	....
23	690 5	646.1	10.9	6.7	60	58	6	8	5	....	....	....	....	0.3	....	1.1	....
24	693.9	647.4	7.0	4.5	82	81	9	5	7	5.3	....	4.2	....	3.1	....	3.5	....
25	697.8	651.5	5.6	3.7	98	85	6	8	6	....	....	....	....	....	....	....	....
26	699.2	653.1	7.5	3.7	38	27	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
27	705.3	658.6	10.3	5.5	**33**	22	5	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
28	709.0	661 3	6.4	7.2	86	27	4	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
29	**712.5**	**665.2**	7.8	6.4	66	27	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
30	712.4	664.1	1.6	3.9	73	29	0	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	702.04	655.18	+ 6.57	+ 1.42	69	49	5.1	5.4	5.6	50.4		43.8		49 3	23	57.5	45

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	705.35	705.55	706.07	705.66	659.21	658.83	659.03	659.02
2me » ...	700.67	700.03	700.10	700.27	653.51	652.67	651.75	652.64
3me » ...	699.75	700.07	700.78	700.20	653.29	653.84	654.46	653.86
Mois..	701.92	701.88	702.32	702.04	655.34	655.11	655.08	655.18

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
Savatan						
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	+ 5.46	+ 7.92	+ 5.72	+ 6.37	+ 3.5	+ 9.0
2me » ...	4.42	6.94	5.50	5.62	2.8	8.1
3me » ...	6.34	8.90	7.94	7.73	5.0	9.9
Mois..	5.41	7.92	6.39	6.57	3.8	9.0
Dailly						
1re décade ..	+ 3.82	+ 6.75	+ 3 62	+ 4.73	+ 2.1	+ 8.2
2me » ...	2.00	4.74	2.78	3 17	0.2	5.8
3me » ...	3.86	6.97	5.17	5.33	2.6	8.2
Mois..	3.23	6.15	3.86	4.42	1.6	7.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	69	69	76	71	46	45	59	50
2me » ...	77	64	74	71	61	46	56	54
3me » ...	67	63	63	64	56	37	36	43
Mois..	71	65	71	69	54	43	50	49

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	4.6	4.4	4.8	4.6	4.3	4.8	4.7	4.6	5.5	5.4	4.7	5.2
2me » ...	5.7	6.2	6.0	6.0	5.7	5.7	5.3	5.6	6.3	6.8	5.0	6:0
3me » ...	7.2	5.2	2.0	4.8	7.6	5.8	5.1	6.2	8.1	5.9	2.6	5.5
Mois..	5.8	5.3	4.3	5.1	5.9	5.4	5.0	5.4	6.6	6.0	4.1	5.6

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. Maurer. — Die Verdünstung auf den seen am Nordfuss der Alpen, während der grossen Hitze und Dürrezeit 1911. — *Meteorolog. Zeitschrift* XII 545, 1911.

M. J. Maurer, Directeur de l'Institut central de météorologie à Zurich, nous donne des dates précieuses sur un phénomène de grande importance pour la connaissance de l'hydrographie du pays, malheureusement trop négligée jusqu'à présent : Quelle est la valeur de l'évaporation à la surface du lac ? — Les mesures faites jusqu'à présent l'ont été au moyen d'appareils établis sur la terre ferme, qui ne pouvaient tenir compte des conditions spéciales de l'humidité de l'air sur la nappe lacustre.

M. Maurer a cherché des chiffres d'ensemble en comparant, pour deux lacs suisses, le Greifensee et le lac de Zurich, le débit d'entrée par les affluents avec le débit de sortie par l'émissaire ; la différence donne la quantité enlevée par l'évaporation. Il a profité de la saison de sécheresse de l'été de 1911, qui avait réduit à un minimum l'apport d'eau par les affluents et qui n'a fourni que quelques pluies insignifiantes, dont la valeur a pu facilement être appréciée. Les jaugeages à l'entrée et à la sortie des lacs ont été faits avec le plus grand soin, les sources sous-lacustres, qui auraient été un élément de perturbation, sont sans importance et les chiffres obtenus présentent la meilleure sureté.

Les valeurs journalières de l'évaporation pendant la période du 31 juillet au 14 septembre, ont varié à peu près régulièrement de 5,6 à 3,6 pour le Greifensee et de 5,5 à 3,9 pour le lac de Zurich, ces mesures diminuant à mesure que l'on s'éloignait du solstice et que la phase diurne se raccourcissait. La moyenne pour le mois d'août a été : Greifensee 4,7, lac de Zurich 4,6 mm.

Etant donnée l'anomalie étrange de la période considérée, la plus sèche que nous puissions avoir dans nos climats, on doit tenir ces chiffres comme des valeurs maximales. Mais ils sont précieux par leur précision et fournissent une date certaine sur un phénomène jusqu'ici indécis.

Alb. Gockel. — Mesures des rayons pénétrants au cours d'ascensions en ballon.

De précédentes expériences semblaient avoir démontré que les rayons γ de l'atmosphère ne diminuent que peu avec la hauteur. Deux nouvelles ascensions en ballon, à Zurich et à Berne ont permis à l'auteur de confirmer pleinement le résultat de ses premières expériences. Il emploie, comme appareil, un électromètre de Wulf avec chambre de ionisation imperméable à l'air et un appareil spécial, construit par Wulf pour la mesure du rayonnement. Les courbes de dispersion données par les deux appareils sont parallèles. Lors des deux ascensions, la perte en volt-heure ne varie que d'une façon insignifiante avec la hauteur. Les chiffres suivants en donneront une idée.

	Perte en volt-heure
Berne	15,8
Altitude 1600 m.	13,8
» 1900 »	15,1
» 2500 »	12,2

En ce qui concerne le coefficient d'absorption de ces rayons, il n'est pas possible, pour le moment, d'avoir à ce sujet des connaissances précises. Il semble pourtant qu'on observe une légère augmentation du pouvoir rayonnant avec la hauteur.

Il résulte également des expériences de l'auteur comme de celles d'autres observateurs, qu'une partie importante du rayonnement pénétrant est indépendante de l'action directe de la substance active contenue dans les couches supérieures de la terre.

On a reconnu, comme on le sait, que le rayonnement diminue très rapidement à la surface de l'eau.

Des essais vont être entrepris pour savoir comment le rayonnement varie avec la hauteur au-dessus des nappes d'eau.

CHIMIE

Dr James Burmann. Sur la présence du manganèse dans la digitale pourpre (*Bull. Soc. Chim. de France,* 4, t. IX, p. 957 ; Aigle, septembre 1911).

L'auteur a eu déjà souvent l'occasion de constater la présence du manganèse dans les cendres des feuilles et des préparations de la *Digitale pourpre*, tandis que ce métal fait défaut dans les cendres des autres variétés (Digit. ambig ; Digit. lutea). D'autre part, on sait que les tentatives de cultures industrielles de la variété

officinale en Suisse ont toujours échoué, tandis que les cultures réussissent dans les Vosges, dans le Harz et dans la Thuringe par exemple.

L'analyse montre en effet que la digitale pourpre assimile une forte proportion de manganèse et il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les résultats suivants :

	Grès ferrugineux (Barr, Alsace)	Feuilles de Digitale pourpre (cendres 5.8 %)
Manganèse...	0.43 %	9.02 %
Fer.........	4.82	0.80

L'absence de grès ferro-manganifères en Suisse indiquerait pourquoi la « Digitale pourpre » n'est pas représentée dans notre flore indigène.

Pour déceler rapidement le manganèse dans les feuilles ou préparations de la « Digitale pourpre », il suffit d'incinérer quelques grammes de poudre ou d'extrait sec dans la capsule de platine ; grâce à la présence des alcalis, les sels de manganèse forment bientôt des manganates, et après refroidissement, la masse prend la belle couleur verte ou bleu verdâtre caractéristique. En acidifiant légèrement, la couleur violette des permanganates se développe instantanément et avec intensité. Parmi les trois variétés citées la « purpurea » seule donne cette réaction.

O. Kym (en collaboration avec S. Kowarski). Contribution a la connaissance des benzimidazols et des benzoxazols ainsi que des colorants azoïques qui en dérivent (*Berichte der d. chem. Ges.*, t. 44, p. 2919 ; Zurich, laboratoire de l'Université).

Dans le but d'étudier un point spécial de l'influence de la constitution sur les propriétés tinctoriales de certaines combinaisons, les auteurs ont préparé les *p-p'diamino-di-α-phényl-benz-di-imidazol* et *oxazol* ; ils ont diazoté ces bases et les ont copulées avec l'acide aminonaphtoldisulfonique H, l'acide β-naphtoldisulfonique et l'α naphtol, puis les colorants obtenus ont été fixés sur coton par la méthode habituelle. Il résulte de cette étude que le doublement du noyau caractéristique qui confère à la molécule colorante la substantivité, n'entraîne aucune augmentation de la richesse colorante ou de l'affinité pour le coton ; elle affaiblirait plutôt, au contraire, la nuance en la faisant virer du bleu au rouge. Ce sont les dérivés de l'oxazol qui montrent la plus grande différence dans ce sens, puis dans la série des imidazols la combinaison avec l'acide aminonaphtoldisulfonique H.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1912

Le 1, forte bise à 1 h. du soir.
5, légère gelée blanche le matin ; fort vent dans la journée ; pluie à 9 h. du soir.
6, pluie dans la nuit et depuis 4 h. du soir ; fort vent pendant la journée.
7, fort vent jusqu'à 1 h. du soir ; pluie depuis 7 h. du soir.
8, gelée blanche le matin.
9, pluie dans la nuit et depuis 4 h. du soir.
10, pluie dans la nuit.
11, gelée blanche le matin.
13, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 2 h. 30 m. du soir.
14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin ; verglas et givre le matin.
16, brouillard à 7 h. du matin.
17, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin.
18, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et à 4 h. du soir.
21, pluie de 2 h. 30 m. à 9 h. du soir.
22, pluie dans la nuit.
23, pluie dans la nuit ; à 8 h. et à 10 h. du soir.
24, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
25, faible pluie de 9 h. à 9 h. 30 m. du matin.
26, faible pluie dans la nuit.
les 27, 28 et 29, forte bise pendant toute la journée.
le 30, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
31, gelée blanche le matin.

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	36.8	37.3	37.3	36.72	+ 8.90	35.5	37.4	NNE 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	11 1	10	4	0	3	6.1	....	. .
2	38.5	38.3	38.3	**38.26**	**+10.42**	37.3	**39.3**	NW. 0	NNE. 1	ESE. 1	NNE. 1	3 8	10	9	10	9	. ..	....	. ..
3	36.1	34.9	33.1	35.26	+ 7.40	32 1	37.6	NW. 1	NNW. 1	SE. 1	calme	1.7	10	2	10	7	3.9	. ..	...
4	31.9	30.5	28.5	30.71	+ 2.84	27.7	32.1	SW. 1	W. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.2	10	9	10	8	1.5	.. .	....
5	25.1	23.9	24.0	25.00	− 2.89	23.8	27.7	SSW. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 2	14.8	2	3	10	6	0 0	1.0	1
6	23.7	19.3	12.4	19.55	− 8.35	12.0	24.6	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 3	SSW. 2	20.3	10	10	10	10	..	**32.0**	**12**
7	10.9	9.3	14.8	**11.96**	**−15.95**	**9.3**	17.2	SSW. 3	SSW. 2	NW. 1	SSW. 2	19.9	10	9	10	9	0.8	7.2	5
8	27.2	28.4	28.0	26.64	− 1.27	19.5	29.3	NW. 0	NNE. 1	SW. 1	var.	5.4	0	1	10	5	7.1	0.5	1
9	23.9	22.1	22.6	23.09	− 4.83	21 6	25.0	NW. 1	SW. 1	SW. 1	SSW. 1	1.6	10	10	10	10	....	4 0	5
10	27.5	28.2	30.2	27.95	+ 0.03	24.0	30 2	NNW. 1	WNW. 1	SW. 0	var.	3.8	10	2	0	3	7 4	.. .	...
11	32.4	33.3	35.0	33.17	+ 5.25	30.5	35 3	SW. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	2.9	6	10	10	9	0.1	....	....
12	36.3	35.2	34.6	35 27	+ 7.35	34.4	36.4	NE. 0	W. 0	WNW. 0	calme	0 9	10	1	0	4	1 9	....	....
13	33.8	32.2	31.4	32.40	+ 4.88	31.2	34.1	W. 0	SW. 0	WNW. 0	calme	0.4	10	0	10	8	2.5	.. .	....
14	30.5	29.9	29.5	30.20	+ 2.29	29.1	31.1	WSW. 1	SSW. 1	SW. 0	calme	1.7	10	10	10	10	. .	....	...
15	28.2	27.6	27.3	27.78	− 0.12	26.7	29.0	SSW. 1	SE. 1	ESE. 1	SE. 1	2.9	10	10	10	10	....	....	. .
16	25.3	24.2	25 2	25.34	− 2.55	24.2	26.8	SSW. 1	SW. 1	NW. 1	calme	1.7	10	10	10	10	....	0.6	1
17	25.3	24.9	26.0	25.40	− 2.48	24.9	26.0	WNW. 1	NNE. 0	NE. 1	calme	1.5	10	10	10	10	...	3.2	4
18	27.4	29.0	30.8	29.77	+ 0.90	26.5	31.1	N. 1	N. 1	NNE. 1	N. 1	4.0	10	10	10	10	. .	1 5	2
19	31.0	29.9	29.4	30.31	+ 2.49	29.3	31.4	NNE. 1	NNE. 1	ESE. 1	var.	3.4	10	10	10	10	..	.	. ..
20	29.3	29.5	31.2	29.94	+ 2.11	29.3	31.3	NE 1	ENE. 1	SE. 1	SE. 1	2.1	10	10	10	10	....	....	.
21	30.2	28.9	28.6	29.66	+ 1.85	28.3	31.1	SE. 1	NNE 0	NNE 0	calme	0.5	10	10	10	10	...	8.2	7
22	26.5	25.8	24.5	25.95	− 1.83	24.4	27.7	NE. 1	SW. 1	S. 0	calme	0.7	10	10	10	10	. .	0.2	1
23	22.8	21.3	20.6	22.10	− 5.67	20 0	24.4	ESE. 0	ESE. 1	E. 1	calme	1.6	10	10	9	10	. ..	4 7	3
24	22.4	23.1	21 9	22.49	− 5 25	21.4	23.8	W. 0	NW. 0	SE. 1	calme	0 6	10	10	10	10	..	....	
25	19.1	18.5	20.4	19.55	− 8.16	18.4	21.6	NNW. 1	NNE. 0	N. 1	calme	0.4	10	10	10	10	...	0.3	1
26	20.1	20.2	19.1	20.07	− 7.61	19.1	20.7	N. 0	N. 1	N. 0	N. 1	2.9	10	10	9	9	0 1	....	....
27	17 4	17.9	20.9	18.58	− 8.97	17.4	21.6	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	23.5	10	10	10	10	..	. .	.. .
28	22.3	23.2	21.3	23.03	− 4.58	21.7	24.4	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	NNE 3	**30.0**	10	10	10	10	....	. .	.. .
29	24.0	24.3	24.6	24.34	− 3.23	23.9	24.9	NNE. 2	NNE 2	NNE. 2	NNE. 3	26.0	10	9	10	9	0.2	...	....
30	25.8	26.6	28.0	26.38	− 1.15	25.1	28.5	NNE. 2	N. 1	NW. 0	NNE. 1	13.5	10	3	0	4	4.8	....	....
31	29.1	28 3	26.5	28.17	+ 0.68	26.0	29.2	SW. 0	N. 1	W. 0	calme	1.3	1	9	3	6	5.6	. ..	....
Mois	27.13	26.65	26 76	26.42	− 0.45							6 84	9.3	7 8	8 4	8.1	54.6	63.4	44

GENÈVE — JANVIER 1912

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	
1	+ 3.5	+ 5.7	+ 3.8	+ 4.41	+ 4.62	+ 2.8	+ 6.8	84	72	74	80	− 6	68	[illegible]	—		[illegible]
2	1.8	3.1	1.6	1.83	+ 2.07	+ 0.2	3.7	92	80	85	87	+ 1	75	92	6.3	+ 0.8	[illegible]
3	0.8	2.8	0.5	1.48	+ 1.74	0.0	5.9	92	82	96	89	+ 3	72	96	6.4	+ 1.0	[illegible]
4	1.1	5.4	3.8	2.97	+ 3.25	+ 0.5	6.5	96	74	81	86	0	70	97	6.5	+ 1.1	[illegible]
5	2.2	6.0	5.3	4.23	+ 4.52	1.6	7.0	82	59	78	72	−14	57	85	6.4	+ 1.1	[illegible]
6	4.2	5.4	6.4	4.49	+ 4.80	2.6	8.0	70	62	98	72	−14	50	99	6.1	+ 1.1	1605
7	+10.4	9.0	5.5	**8.55**	**+ 8.87**	+ 3.8	**12.5**	73	81	94	75	−11	49	94	—	—	1655
8	− 0.3	2.0	1.1	1.58	+ 1.90	− 1.2	5.8	69	57	75	**67**	**−19**	52	81	6.2	+ 1.0	1725
9	+ 4.0	9.2	7.8	5.93	+ 6.25	+ 0.9	9.8	73	61	88	74	−12	58	93	6.4	+ 1.2	1720
10	+ 6.1	9.3	2.9	6.71	+ 7.03	+ 1.8	11.2	90	61	93	80	− [illegible]	56	[illegible]	[illegible]	+ 1.1	[illegible]
11	− 0.6	3.6	2.5	1.64	+ 1.96	− 1.0	4.2	96	80	83	88	+ 2	76	97	6.3	+ 1.2	[illegible]
12	+ 0.5	3.6	+ 1.0	+ 1.63	+ 1.94	− 0.5	7.5	92	83	97	90	+ 4	70	98	6.1	+ 1.0	[illegible]
13	− 1.5	+ 3.6	− 0.4	− 0.29	+ 0.01	− 2.7	3.7	99	52	100	93	+ 7	52	100	6.0	+ 1.0	[illegible]
14	− 2.2	− 0.1	+ 0.2	− 0.86	− 0.57	− 2.8	0.8	100	97	96	98	+12	94	100	—	—	[illegible]
15	− 0.4	+ 0.3	− 0.1	− 0.25	+ 0.02	− 1.5	0.9	96	93	96	96	+10	[illegible]	100	[illegible]	+ 1.0	[illegible]
16	+ 0.3	2.1	+ 2.1	+ 1.30	+ 1.55	− 1.2	3.5	100	95	95	96	+10	80	100	5.9	+ 1.0	[illegible]
17	2.3	4.5	4.3	3.45	+ 3.68	+ 1.6	5.5	80	90	87	90	+ 4	80	96	6.1	+ 1.2	[illegible]
18	2.0	3.4	3.4	2.87	+ 3.07	1.8	4.2	100	89	92	95	+ 9	85	100	6.0	+ 1.1	[illegible]
19	2.4	2.9	2.5	2.55	+ 2.73	+ 1.9	3.5	92	88	89	91	+ 5	85	94	5.9	+ 1.0	[illegible]
20	0.4	1.4	1.4	1.10	+ 1.24	0.0	2.0	100	79	96	95	+ 9	74	100	5.9	+ 1.0	[illegible]
21	1.8	3.5	3.4	2.55	+ 2.66	+ 1.2	4.5	100	90	97	97	+11	90	100	—	—	[illegible]
22	1.8	2.9	2.9	2.67	+ 2.74	1.3	3.4	100	96	100	98	+12	94	100	6.0	+ 1.2	1610
23	2.5	3.5	3.4	2.90	+ 2.93	1.8	4.6	100	96	97	98	+12	90	100	6.0	+ 1.2	[illegible]
24	2.7	1.0	1.7	1.22	+ 1.21	1.9	5.1	100	96	98	**99**	**+13**	95	100	[illegible]	[illegible]	[illegible]
25	4.0	6.8	6.0	5.44	+ 5.38	3.7	7.7	98	75	96	93	+ 8	74	100	6.1	+ 1.3	[illegible]
26	5.6	7.0	5.1	6.00	+ 5.90	4.8	8.0	97	85	97	93	+ 8	77	98	6.1	+ 1.3	[illegible]
27	+ 5.8	+ 4.6	+ 1.0	+ 4.04	+ 3.89	+ 0.1	+ 6.4	81	90	78	84	− 1	77	90	6.0	+ 1.2	[illegible]
28	− 1.4	− 1.3	− 1.6	− 1.24	− 1.45	− 2.2	− 0.5	88	88	84	86	+ 1	80	92	—	—	1525
29	− 4.1	− 1.9	− 1.7	− 2.63	− 2.89	− 5.0	− 0.4	80	83	79	80	− 5	74	85	3.8	− 1.0	1470
30	− 4.4	− 2.3	− 4.5	− 3.46	− 3.78	− 5.2	− 0.8	74	64	76	74	−11	60	80	3.5	− 1.3	1455
31	− 8.3	− 0.4	− 1.6	**− 4.06**	**− 4.44**	**− 8.5**	+ 1.1	94	66	79	83	− 2	**16**	95	[illegible]	− 0.3	[illegible]
Mois	+ 1.40	+ 3.54	+ 2.31	+ 2.31	+ 2.39	+ 0.08	+ 1.93	90	79	89	87	+ 1			[illegible]	+ 0.79	[illegible]

MOYENNES DE GENÈVE. — JANVIER 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.72	28.05	28.16	28.32	27.21	26.87	26.92	26.85	27.51
2e »	29.85	29.87	29.95	30.46	29.57	29.63	29.77	30.08	29.90
3e »	24.13	23.84	23.63	24.08	23.47	23.22	23.32	23.72	23.68
Mois	27.14	27.14	27.13	27.50	26.65	26.47	26.56	26.78	26.92

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 3.65	+ 3.28	+ 3.41	+ 4.48	+ 5.79	+ 5.22	+ 4.25	+ 3.66	+ 4.22
2e »	0.63	0.20	0.32	0.87	2.53	2.53	1.95	1.48	1.31
3e »	1.13	0.86	0.55	1.05	2.40	2.73	1.90	1.33	1.49
Mois	+ 1.78	+ 1.43	+ 1.40	+ 2.10	+ 3.54	+ 3.47	+ 2.67	+ 2.13	+ 2.31

Fraction de saturation en %.

1re décade	82	81	82	77	69	69	80	85	78
2e »	96	97	96	95	85	90	93	94	93
3e »	92	92	92	90	84	87	88	90	89
Mois	90	90	90	88	79	82	87	90	87

Dans ce mois l'air a été calme 204 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{92}{56} = 1.64$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique......		26.85
Nébulosité..................		8.5
Température	$\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 2°.43
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$ ..	+ 2°.40
Fraction de saturation........		86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	727.37
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	48mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	— 0°.08
Fraction de saturat. (1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	88.8	83.4	64.9	53.4	89.5	84.2	59.2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	62.4	63.4	60.1	58.9	60.9	52.7

Insolation à Jussy : 48 h. 1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1912

Les 1, 3 et 4, très forte bise.
5 et 6, neige et fort vent.
7 et 8, violente bise et neige.
9 et 10, bise et neige.
18 et 19, fort vent et neige.
20 et 22, fort vent.
21, 26 et 28, neige et fort vent.
le 23, très fort vent et neige.
les 24 et 25, fort vent.
le 31, forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	68.5	68.2	69.7	68.8	+ 7.1	68.1	70.6	NE. 4	NE. 1	NE. 1	NE. 3	3	1	0	1	....	...
2	71.1	71.2	72.2	**71.5**	**+10.2**	70.7	**72.2**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
3	71.2	70.0	68.2	69.8	+ 8.5	67.4	72.1	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	2	9	10	7	....	...
4	65.6	64.5	63.7	64.6	+ 3.3	62.8	68.0	NE. 3	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	10	8	9	....	....
5	61.9	59.9	58.6	60.1	− 1.2	58.0	62.9	NE. 1	SW. 1	NE. 3	NE. 2	0	3	10	4	8.0	11
6	57.5	56.3	51.4	55.1	− 6.1	51.0	58.0	SW. 1	NE. 1	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	**17.5**	**29**
7	49.6	47.0	48.5	**48.4**	**−12.8**	**47.0**	52.9	NE. 1	NE. 4	NE. 5	NE. 4	10	10	10	10	15.9	22
8	57.2	55.4	61.1	57.9	− 3.3	53.0	61.1	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	5	0	10	5	1.0	2
9	60.8	60.2	60.0	60.3	− 0.9	60.0	60.9	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	5	5	0	3	17.3	20
10	62.0	62.5	65.1	63.2	+ 2.1	61.0	66.0	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	0	7	0.5	1
11	66.7	67.8	69.5	68.0	+ 6.9	65.1	69.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	9	7	5	....	....
12	69.7	69.6	68.9	69.4	+ 8.3	68.6	69.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	4	0	2	....	....
13	68.4	67.5	65.7	67.5	+ 6.1	66.0	68.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	0	1	....	....
14	65.0	63.6	63.4	64.0	+ 3.0	62.8	65.9	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	3	3	10	5	....	....
15	62.2	61.4	61.2	61.6	+ 0.6	60.2	62.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	0	0	1	....	....
16	59.4	59.4	61.2	60.0	− 1.0	59.4	61.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	0	1	....	....
17	61.4	61.3	62.7	61.8	+ 0.9	61.3	63.3	NE. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	9	4	5	....	....
18	64.2	66.0	66.8	65.7	+ 4.8	63.4	67.0	SW. 2	NE. 1	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	2.1	2
19	67.2	66.4	66.1	66.6	+ 5.7	65.8	67.2	SW. 2	SW. 1	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	1.2	1
20	65.2	65.6	66.2	65.7	+ 4.8	65.1	66.2	SW. 3	calme	SW. 1	SW. 2	10	1	3	5	....	....
21	65.1	64.5	63.1	64.4	+ 3.6	63.0	66.6	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	10	10	7	1.6	1
22	62.2	62.5	62.3	62.3	+ 1.5	62.1	62.9	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	1	2	10	4	....	....
23	61.8	61.3	60.2	61.1	+ 0.3	60.2	62.0	SW. 4	SW. 3	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	7.2	8
24	60.9	61.6	60.6	61.0	+ 0.3	60.0	61.7	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
25	56.9	55.8	57.2	56.6	− 4.1	55.8	59.9	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	7.0	8
26	57.1	57.1	56.6	56.9	− 3.7	55.4	57.2	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	3	6	10	6	....	....
27	54.6	54.4	55.1	54.7	− 5.9	54.4	55.8	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	9	10	....	....
28	55.1	55.2	55.6	55.3	− 5.3	55.0	55.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	3	9	7	2.0	5
29	55.4	56.1	56.5	56.0	− 4.5	55.3	56.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	0	0	3	....	....
30	56.5	57.1	58.6	57.4	− 3.1	56.5	58.6	SW. 1	calme	NE. 1	var.	0	6	0	2	....	....
31	58.4	58.4	57.6	58.0	− 2.5	57.4	58.5	NE. 1	NE. 3	NE. 3	NE. 2	0	3	4	2	....	....
Mois	61.90	61.54	61.7[illegible]	61.74	+ 1.25							5.1	5.8	6.6	5.6	80.7	113

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 6.2	− 6.3	− 5.4	− 6.0	+ 2.6	− 7.8	− 4.8	41	61	61	55	41	73
2	− 5.2	− 1.6	− 2.4	− 3.1	+ 5.5	− 6.1	− 0.6	38	32	50	40	24	60
3	− 2.2	+ 0.1	− 4.0	− **2.0**	+ **6.7**	− 5.0	+ **1.0**	84	85	65	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	− 4.3	− 1.5	− 4.8	− 3.4	+ 5.3	− 5.3	0.6	80	87	94	87	75	95
5	− 3.4	− 3.4	− 7.2	− 4.7	+ 4.0	− 7.5	− 2.3	62	47	68	[illegible]	[illegible]	82
6	− 11.0	− 7.6	− 4.4	− 7.7	+ 1.1	− 11.2	− 1.0	88	75	93	85	64	[illegible]
7	− 3.4	− 4.0	− 7.5	− 5.0	+ 3.8	− 8.6	− 3.3	93	93	93	93	91	[illegible]
8	− 15.8	− 15.4	− 9.4	− **13.5**	− **4.7**	− **16.7**	− 6.3	92	89	83	88	[illegible]	97
9	− 3.1	− 3.2	− 4.0	− 3.5	+ 5.3	− 6.3	− 2.2	80	72	84	79	68	[illegible]
10	− 6.4	− 6.4	− 7.8	− 6.9	+ 2.0	− 7.9	− 4.8	92	92	61	82	56	94
11	− 8.2	− 5.4	− 4.7	− 6.1	+ 2.8	− 8.6	− 3.8	28	31	19	**26**	15	34
12	− 4.0	− 0.4	− 4.2	− 2.9	+ 6.0	− 4.2	− 0.2	19	30	48	32	**12**	56
13	− 4.2	− 3.2	− 4.6	− 4.0	+ 4.9	− 4.8	− 1.4	71	65	72	70	59	74
14	− 5.6	− 3.6	− 5.6	− 4.9	+ 4.0	− 6.4	− 3.6	62	61	74	66	61	77
15	− 6.8	− 3.5	− 5.3	− 5.2	+ 3.8	− 7.0	− 2.4	70	62	52	61	50	70
16	− 8.2	− 4.9	− 6.8	− 6.6	+ 2.4	− 8.2	− 3.9	54	48	68	57	43	79
17	− 5.8	− 1.5	− 5.2	− 4.2	+ 4.8	− 6.5	− 0.4	84	86	90	87	71	95
18	− 8.8	− 6.6	− 6.2	− 7.2	+ 1.8	− 9.2	− 5.8	98	98	95	**97**	[illegible]	100
19	− 6.9	− 7.2	− 7.7	− 7.3	+ 1.7	− 8.0	− 6.0	94	92	92	93	[illegible]	95
20	− 7.4	− 5.2	− 6.4	− 6.3	+ 2.7	− 8.2	− 4.1	96	78	72	82	58	[illegible]
21	− 6.6	− 3.8	− 5.2	− 5.2	+ 3.8	− 7.9	− 3.7	75	68	95	79	[illegible]	[illegible]
22	− 8.0	− 5.1	− 8.2	− 7.1	+ 2.0	− 8.4	− 4.6	90	78	93	87	72	94
23	− 8.4	− 6.2	− 6.8	− 7.1	+ 2.0	− 8.6	− 5.9	92	95	95	94	90	96
24	− 7.2	− 6.2	− 6.0	− 6.5	+ 2.6	− 7.4	− 5.2	94	94	95	95	94	[illegible]
25	− 5.8	− 5.0	− 5.6	− 5.5	+ 3.6	− 5.8	− 3.1	95	95	96	95	95	96
26	− 7.6	− 5.8	− 7.2	− 6.9	+ 2.2	− 7.8	− 5.4	89	87	91	89	85	96
27	− 7.6	− 7.5	− 7.2	− 7.5	+ 1.6	− 7.6	− 6.9	91	91	90	91	89	91
28	− 10.2	− 7.4	− 9.4	− 9.0	+ 0.1	− 11.0	− 6.5	92	92	90	91	85	94
29	− 10.2	− 9.8	− 10.2	− 10.1	− 1.0	− 11.0	− 8.0	90	82	75	82	72	93
30	− 11.4	− 8.6	− 13.6	− 11.2	− 2.1	− 14.1	− 7.5	74	62	77	70	51	88
31	− 14.2	− 11.5	− 14.0	− 13.2	− 4.1	− 16.2	− 9.8	42	37	48	42	28	65
Mois	− 7.24	− 5.40	− 6.68	− 6.44	+ 2.60	− 8.36	− 4.05	76	73	77	75		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.54	61.52	61.85	61.97	75	73	75	74
2e »	64.94	64.86	65.30	65.03	68	65	68	67
3e »	58.55	58.53	58.52	58.53	84	80	86	83
Mois	61.90	61.54	61.78	61.74	76	73	77	75

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.13	— 4.88	— 5.69	— 5.57	— 5.60
2e »	— 6.59	— 4.15	— 5.67	— 5.47	— 5.52
3e »	— 8.84	— 7.00	— 8.49	— 8.11	— 8.20
Mois	— 7.24	— 5.40	— 6.68	— 6.44	— 6.50

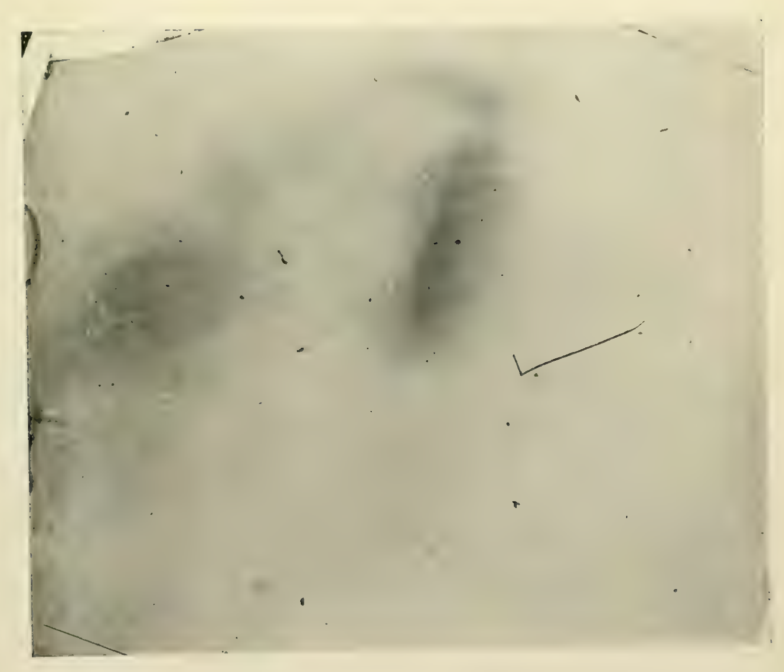
Dans ce mois l'air a été calme 22 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{87}{84} = 1.04$

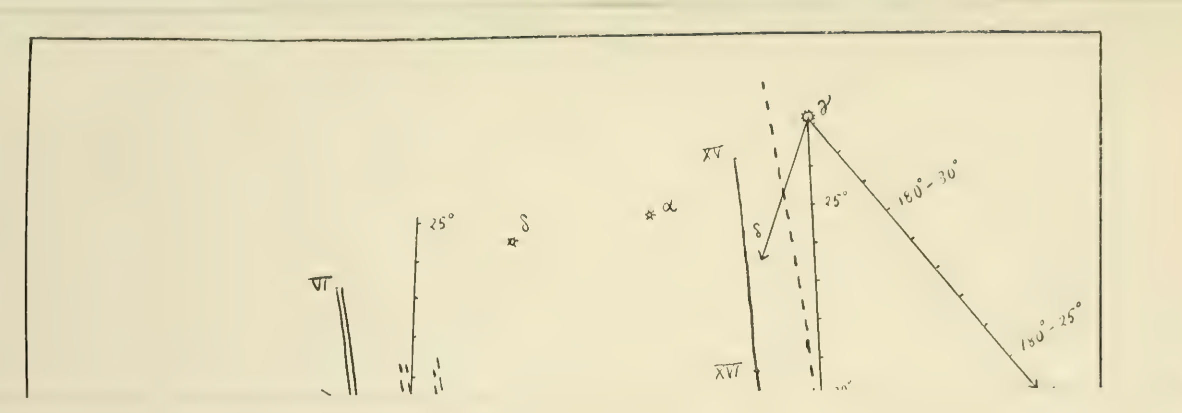
Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres....	84.5	59.0	31.3	80.7
Neige en centimètres..	3	11	38	113

L'aurore photographiée de la station Alten kirke.

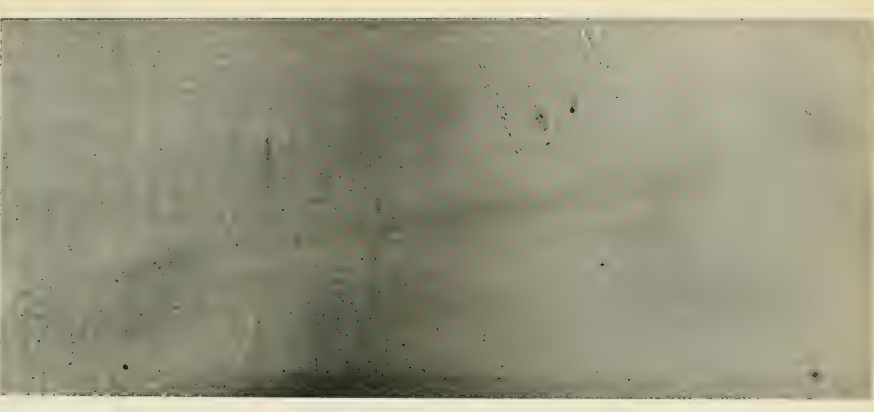


La même aurore photographiée de la station Alten skole.

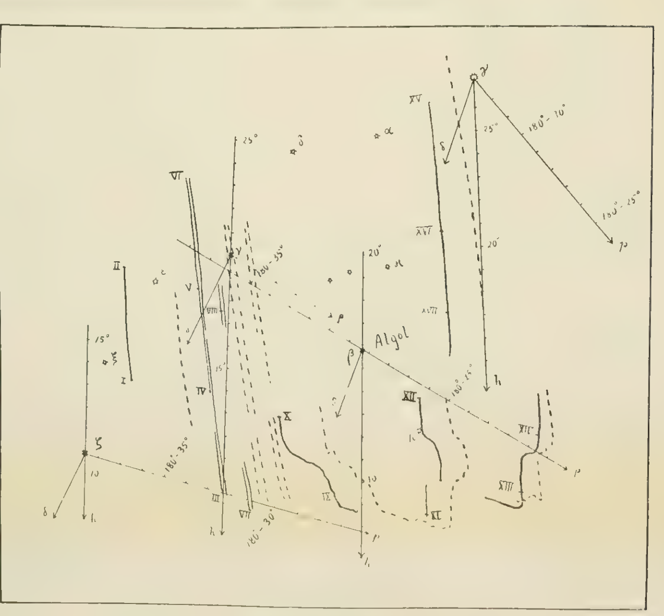

γ
180° - 30°
180° - 25°
25°
δ
XV
XVI
α
δ
25°
VI



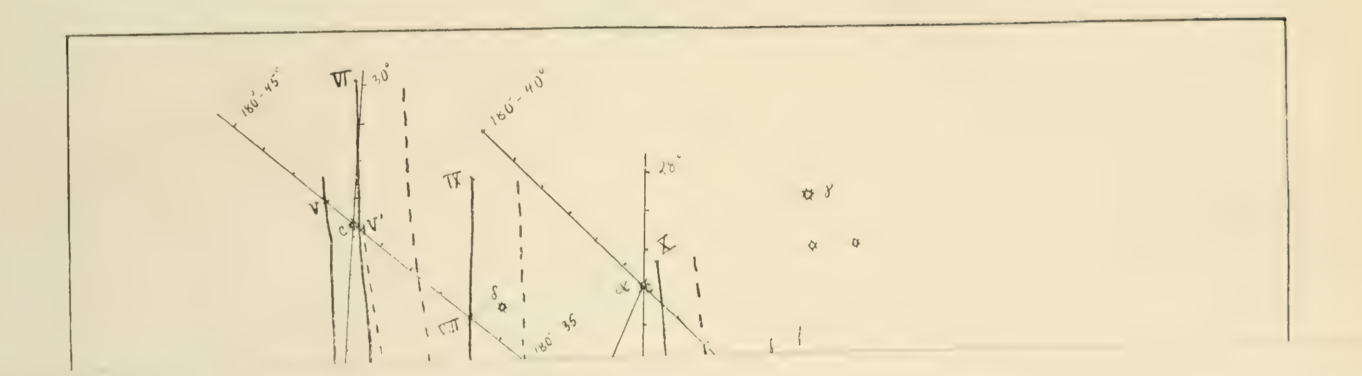
Photogramme de l'aurore boréale le 8 avril 1911 à 11 h 31 m 30 s



Négatif agrandi du rayon double (vu de Christiania)



Dessin d'après le négatif


180°-45°
VI
30°
V
c
V'
IX
VIII
δ
180°-40°
180° 35
20°
α
X
γ



L'aurore boréale le 8 avril 1911, à 11 h. 35 m. 30 s. (photographiée de Christiania)



La même aurore photographiée simultanément de Aas



Archives des Sciences phys. et nat., Tome XXXIII, Février 1912.

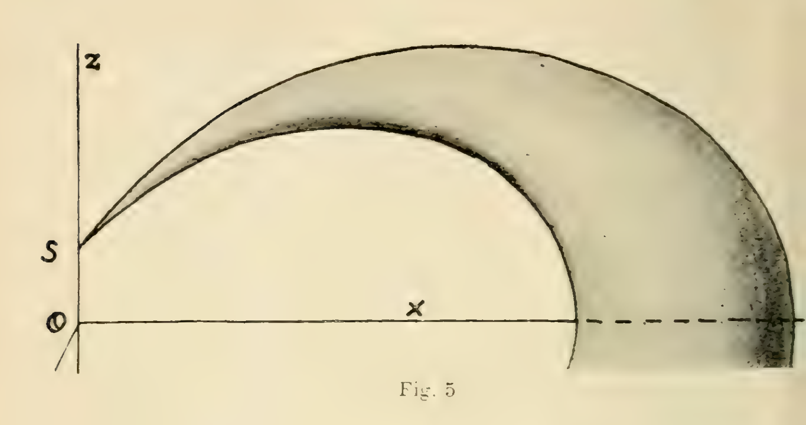


Fig. 5

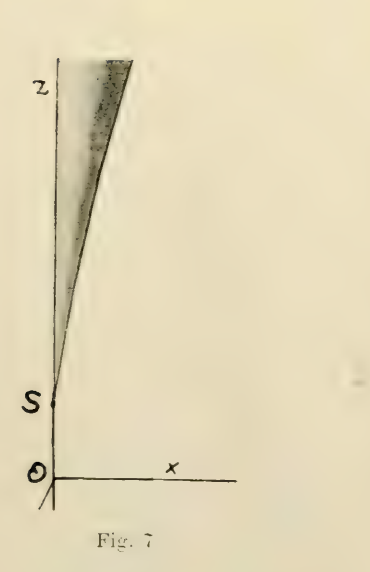


Fig. 7



Fig. 8

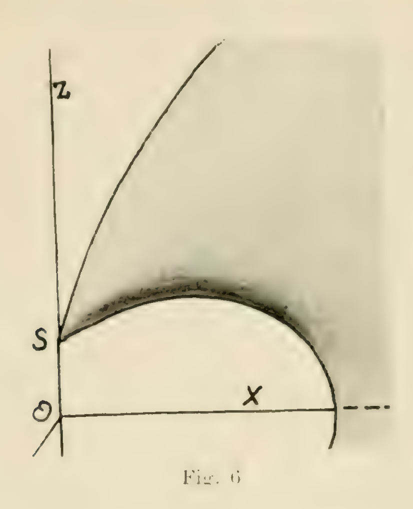


Fig. 6

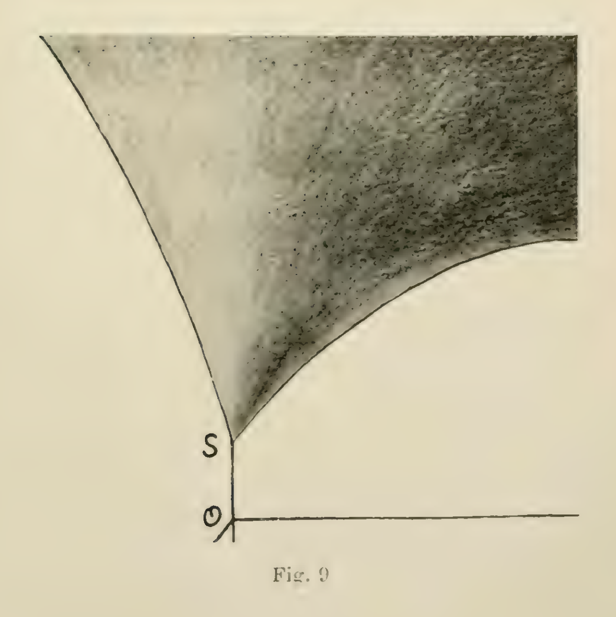


Fig. 9

LES TÉLESCOPES EN GÉNÉRAL

ET

UN TÉLESCOPE CASSEGRAIN

DE UN MÈTRE DE DIAMÈTRE

PAR

Emile SCHÆR

Astronome-adjoint à l'observatoire de Genève

(Avec les planches X à XVI)

I. Télescopes en général

Depuis l'invention de l'objectif achromatique par Dollond au milieu du XVIIIme siècle, le réflecteur, surtout le réflecteur de petites dimensions, avait petit à petit disparu des observatoires, bien qu'un très grand nombre de découvertes astronomiques aient été faites avec cet instrument.

La combinaison d'une lentille de crown avec une lentille de flint permettait de faire des objectifs qui avaient une meilleure définition que les miroirs d'alors. La fabrication de verres homogènes présentait cependant de très grandes difficultés. C'est Louis Guinand, des Brenets (canton de Neuchâtel) qui, après de longues recherches, finit par résoudre le problème. Lui et Fraunhofer à Munich, introduisirent l'ère des réfracteurs dans le monde astronomique. Le plus grand perfectionnement paraît avoir été atteint par Feil et Mantois, petit-fils de Guinand, pour la fonte des grands disques, puis par les Clark et les frères Henry pour le travail optique des verres. Les objectifs des observatoires de Lick et de Yerkes, faits par Clark, et celui de Paris-Meudon, fait par les frères Henry, marquent certainement le point le plus élevé mais peut-être aussi final du grand réfracteur.

Ces résultats merveilleux expliquent l'abandon de l'ancien miroir fait d'un alliage de cuivre et d'étain dans la proportion de 2 à 1, difficile à fondre et à polir et dont le poli se détériorait souvent au bout de quelques mois. Le pouvoir de réflexion n'était du reste que de 70 %; or, comme le réflecteur se compose toujours de deux miroirs au moins, il n'arrive ainsi à l'oculaire que 50 % de la lumière collectée. Malgré cela, le pouvoir de pénétration des réflecteurs de W. Herschel, de Lord Rosse et de Lassell n'a probablement pas été dépassé par les plus grands réfracteurs modernes, et il ne faut pas oublier que les dessins de nébuleuses de Lord Rosse, souvent jugés fantaisistes, se vérifient maintenant par les photographies faites avec les réflecteurs modernes.

La qualité la plus importante du réflecteur est son achromatisme parfait; il est photographique et visuel en même temps. Et à présent que la photographie est devenue le procédé principal des nouvelles recherches astronomiques, les instruments à miroirs commencent de nouveau à être employés avec succès.

Le miroir en métal a été remplacé par le miroir en verre argenté qui, dans les meilleures conditions de poli, réfléchit environ 95 % de la lumière incidente. Il est vrai que l'argent se ternit même plus rapidement que l'ancien alliage, mais la réargenture est une opération si facile, que le peu de durée de la surface polie ne peut plus être considéré comme une difficulté dans l'emploi du réflecteur moderne.

Les essais comparatifs avec des réfracteurs et des réflecteurs construits avec tous les soins possibles et corrigés rigoureusement pour les aberrations de sphéricité démontrent à l'évidence que le réflecteur est supérieur au réfracteur.

La distance focale

Le rodage et le doucissage à l'émeri des disques de verre sur l'*outil* produisent des surfaces rigoureusement sphériques; elles se déforment ensuite pendant le polissage et se transforment quelquefois, quand l'opticien est favorisé par le hasard, en paraboloïdes. Cela peut arriver quand le rapport du diamè-

tre à la distance focale du miroir est de $^1/_{12}$ à $^1/_{15}$; car dans ce cas la sphère ne diffère que très peu du paraboloïde. En revanche la parabolisation par retouches locales devient nécessaire pour des ouvertures relatives plus grandes. Le pouvoir de séparation est théoriquement indépendant de la longueur focale ; pratiquement, il y a toutefois une limite que W. Herschel admettait être de douze fois, et Léon Foucault de six fois le diamètre.

Il est cependant encore possible de faire des miroirs dont la distance focale est de trois fois le diamètre, et qui ont le pouvoir de séparation normal. Il est alors nécessaire que l'oculaire se trouve exactement dans l'axe optique ou, en d'autres termes, il faut que le centrage soit rigoureux. Plus la distance focale est grande par rapport à l'ouverture, moins les défauts de centrage sont sensibles.

Le centrage des miroirs

1° Pour le télescope newtonien :

Dans tous les instruments d'optique le centrage est bien fait lorsque l'image focale d'une étoile est ronde, même avec les plus forts grossissements. Si, au contraire, l'image a une forme irrégulière ou cométaire, l'oculaire se trouve en dehors de l'axe optique du miroir et il faut procéder à un nouveau centrage ; cette opération peut être faite *a)* par les vis de réglage qui sont sur le barillet du grand miroir, *b)* par le déplacement et l'inclinaison du miroir plan, *c)* par le déplacement latéral du porte-oculaire. C'est ce dernier procédé qui est le plus simple et qui peut être employé pendant les observations ; il suffit de déplacer le porte-oculaire latéralement dans la direction de la queue vers la tête de l'image cométaire (fig. 1). Un réflecteur newtonien devrait toujours avoir un porte-oculaire mobile dans deux coulisses perpendiculaires l'une à l'autre et munies de vis micrométriques ; la fig. 1 indique schématiquement la forme d'une étoile en dehors de l'axe optique et la manière d'opérer le centrage.

2° Pour le télescope Cassegrain :

Le télescope Cassegrain est encore plus sensible au défaut de

centrage que le newtonien, à cause du petit miroir hyperbolique dont l'axe doit coïncider rigoureusement avec celui du miroir parabolique ; le réglage est néanmoins très facile à faire et il faut procéder comme suit : enlever l'oculaire et mettre l'œil à sa place, la pupille étant aussi exactement que possible dans l'axe du tube porte-oculaire. Pour éviter toute erreur provenant de la position défectueuse de l'œil, il est bon de remplacer l'oculaire par un dispositif portant, au lieu de verres, un disque percé au centre d'un trou de 2 à 5 mm. de diamètre, qui détermine exactement la position que l'œil doit avoir. Quand le centrage est bien fait, on voit dans le miroir hyperbolique une série de cercles exactement concentriques, A B et C (fig. 2).

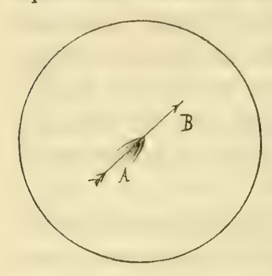


Fig. 1. — A est l'image de l'étoile, l'oculaire un peu en dehors du foyer : AB est la direction dans laquelle il faut déplacer le porte-oculaire, soit vers la tête de l'image cométaire.

Quand le petit miroir n'est pas perpendiculaire sur l'axe optique du grand, la bande C sera plus large d'un côté que de l'autre, et le défaut correspondant de centrage se produira sous l'aspect de la fig. 3.

Il faut alors manœuvrer les vis de réglage du petit miroir et pousser le côté large C′ vers le grand miroir ou, si l'on préfère, éloigner C″.

Il se peut encore que l'axe du grand miroir ne passe pas exactement par le centre du petit. Dans ce cas, il se produit, à côté du cercle central sombre A, un second cercle A′ clair (fig. 4). Pour opérer la correction dans ce cas, il faut changer un peu l'inclinaison du grand miroir, en tirant le côté correspondant à A′ à soi, ou en poussant le côté A vers le petit miroir.

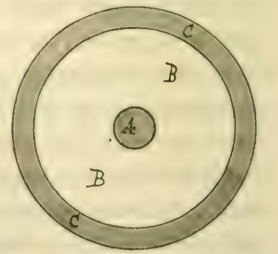


Fig. 2. — A est l'image de l'ouverture centrale du grand miroir ; B celle du grand miroir lui-même et C est le reste du petit miroir qui n'est pas occupé par le cône de lumière produit par le grand miroir.

Ce réglage ne peut se faire qu'en plein jour, le télescope étant dirigé vers le ciel et suffisamment haut pour que les miroirs

puissent être bien assis dans le barillet. Il faut prendre toutes les précautions possibles pour ne pas serrer les miroirs ; le moindre serrage produit des flexions que l'on peut confondre avec l'effet d'un mauvais centrage.

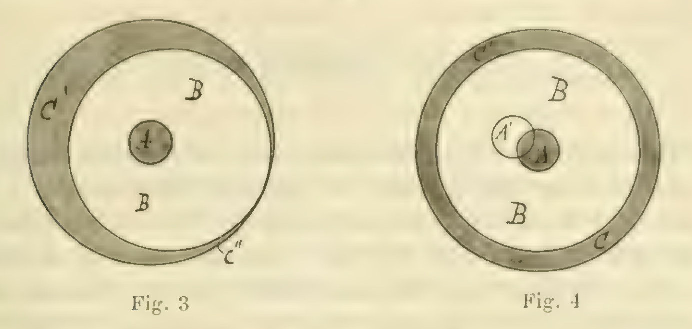


Fig. 3 Fig. 4

Le réglage ainsi fait avec soin est suffisant pour les miroirs à long foyer (ouverture $^1/_6$ pour le miroir principal). Avec une distance focale de 3 fois le diamètre, par contre, il y a souvent un résidu de défaut de centrage qui ne peut être enlevé que sur les indications que donnera l'image stellaire elle-même, comme il a déjà été décrit à propos du télescope newtonien.

On dirige l'instrument sur une étoile brillante et on tire l'oculaire un peu en dehors du foyer ; un léger défaut de centrage donne alors à l'image de l'étoile une forme ovale ou cométaire, à peu près comme l'indique la fig. 5. La règle à suivre est alors la suivante : il faut dévisser légèrement le grand miroir du côté A de la queue cométaire, ou visser du côté B de la tête, en agissant sur les vis de réglage du barillet ; après quelques tâtonnements, on arrive à la forme ronde et parfaite de l'image.

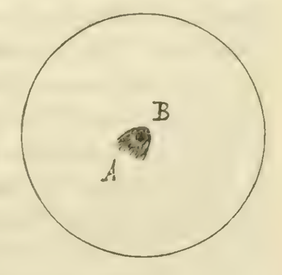


Fig. 5

Il est très probable que les réflecteurs, aussi bien le newtonien que le Cassegrain, n'ont pas toujours donné un résultat aussi satisfaisant qu'on pouvait l'attendre d'après la théorie, parce que l'observateur ne se rendait pas suffisamment compte des défauts de centrage et qu'il ne savait pas les corriger. On rejetait la mauvaise définition sur les effets de flexions, et pour

éviter celles-ci, sans succès naturellement, on donnait aux miroirs une très grande épaisseur, 1/7 et même 1/5 du diamètre, tandis que 1/10 est amplement suffisant.

II. Télescope Cassegrain de 100 cm.

Dans le courant de l'année 1909-1910, j'ai construit un nouveau télescope qui présente les quelques particularités suivantes : 1° Diamètre du miroir parabolique 100 cm. ; épaisseur au bord 10 cm. ; poids 175 kg. ; diamètre du trou central 20 cm. ; longueur focale du grand miroir 295 cm. ; diamètre du petit miroir 20 cm. ; longueur focale du Cassegrain 1760 cm.

2° Le bâti de cet instrument, la fourche, le barillet du grand miroir, ainsi que les bras qui portent le petit miroir sont en bois de sapin. Malgré cette construction si simple et si légère, la stabilité est tout à fait suffisante. (Voir planches X, XI et XII.)

Un tube conique de 120 cm. de longueur est placé dans l'axe du grand miroir et empêche la lumière diffuse du ciel de tomber sur l'oculaire ou sur la plaque photographique. Ce tube remplace l'œilleton ou le petit diaphragme qui limite l'anneau oculaire du Cassegrain habituel ; sans ce tube, la photographie à longue pose ne serait pas possible.

Le grand miroir est posé sur un coussin cylindrique en crin, de 6 cm. de diamètre et d'environ 10 m. de longueur, enroulé en spirale et fixé sur un solide plateau en bois de même diamètre que le verre ; ce coussin empêche complètement toutes les flexions.

Pour éviter le roulement du miroir pendant les longues poses de photographie, quatre cales de bois, distantes de 90°, sont fixées sur le barillet ; le verre repose sur les deux premières quand le télescope est dirigé vers le sud et sur les deux autres quand il est dirigé vers le nord.

3° Le mouvement de l'axe horaire est assuré par un poids de 60 kg. attaché par une corde métallique à un plateau circulaire de 100 cm. de diamètre, concentrique avec l'axe horaire. Le coussinet de cet axe porte à sa partie supérieure un prolon-

gement sur lequel le plateau en question peut tourner librement. (Voir planche XII.)

Le régulateur du mouvement consiste en une pompe à huile, dont le cylindre est fixé sur le bâti du télescope et le bout de la tige du piston sur le plateau. L'écoulement est réglé par un robinet à pointe; un robinet ordinaire précède le robinet à pointe et un autre est fixé sur une seconde tubulure d'écoulement. Il est ainsi possible d'arrêter ou d'accélérer le mouvement du plateau, sans que l'on soit obligé de toucher au robinet de réglage; le diamètre du piston est de 135 mm. et la longueur de la course est de 280 mm. ce qui est suffisant pour une pose de 2 h. 30 m. La fourche du télescope peut, au moyen de deux pinces, être fixée solidement au plateau qui tourne selon le mouvement diurne; l'entraînement se fait alors avec une régularité parfaite.

La distance entre l'oculaire et les robinets permet à l'observateur de manœuvrer ceux-ci sans être obligé d'enlever l'œil de l'oculaire.

4° Le porte-châssis est muni de deux vis micrométriques qui permettent de faire les corrections en déclinaison et en ascension droite; le format de la plaque est de 13×18. Deux oculaires pointeurs sont placés à côté de la plaque, ils sont mobiles et permettent ainsi de trouver facilement une étoile-guide. (Voir planche XIII.)

Dans le plan focal de l'oculaire se trouve une glace sur laquelle est tracée une croix très fine, éclairée par une petite lampe rouge électrique. Quand le centrage et le repérage des miroirs sont bien faits, les images stellaires sont parfaitement rondes au foyer aussi bien qu'en dehors; la plage est presque uniformément éclairée. Avec des grossissements de 350 et de 700 fois les petites étoiles piquent.

5° Au point de vue de l'optique pratique, il faut remarquer que le grand miroir est fortement astigmatique, à tel point que, lorsque l'instrument est employé comme newtonien, les étoiles au foyer sont très allongées.

Dans des conditions de travail plus favorables, j'aurais corrigé le grand miroir lui-même, mais les circonstances m'ont obligé à faire l'essai de correction sur le petit miroir hyperbolique.

L'expérience a pleinement réussi, et il en résulte un fait assez important, c'est que les défauts d'aberration de sphéricité et d'astigmatisme du grand miroir d'un télescope Cassegrain peuvent être complètement corrigés au moyen du petit miroir.

La mise au foyer se fait par un mécanisme appliqué au support du petit miroir et qui peut être manœuvré, de l'oculaire, par l'emploi d'une petite corde.

Comme il est de toute importance que les miroirs soient rigoureusement orientés, l'un par rapport à l'autre, à cause de l'astigmatisme signalé plus haut, le barillet du petit miroir est monté sur un axe qui permet de lui faire subir une rotation sans changement de foyer; la rotation du petit miroir est aussi commandée par une corde fixée près de l'oculaire. Il est ainsi facile de corriger la mise au foyer et l'orientation, et d'obtenir des images absolument rondes.

Les bras avec les tirants en fil de fer sont assez solides pour porter le petit miroir, et il ne se produit pas de décentrage dans les différentes positions du télescope.

Il n'en est pas de même du grand miroir ; l'élasticité du coussin en crin qui empêche toute flexion, produit un soulèvement du bord supérieur du miroir, dès que le télescope est fortement incliné sur l'horizon ; le centrage n'est donc pas le même pour toutes les positions, et il est nécessaire de faire les corrections pour les différentes inclinaisons; il suffit pour cela de manœuvrer les vis qui portent le support du miroir, au commencement de chaque observation. En observant d'abord un peu en dehors du foyer et, lorsqu'il se produit une image cométaire (fig. 5), on corrige d'après la règle : « dévisser du côté de la queue en forme de comète des étoiles » : il est alors très facile de remettre le miroir dans la bonne position.

Pendant les poses de 3 heures, le centrage se maintient d'une manière parfaite, mais il n'en est pas de même de la mise au foyer qui change souvent de plusieurs millimètres et dépend des variations de la température.

Bien que l'oculaire-guide se trouve éloigné de 10 cm. du centre optique du télescope, l'image de l'étoile-guide est assez bonne pour permettre la correction de la mise au foyer pendant les poses photographiques.

Il semble donc que l'épaisseur de 10 cm. pour un miroir de 100 cm. de diamètre est suffisante pour éviter les effets de flexion et de déformation provenant des changements de température.

Je désire en terminant adresser mes remerciements à M. Honegger-Cuchet qui s'est associé depuis un grand nombre d'années à mes travaux d'optique. Il s'est chargé de l'achat du disque de verre de 100 cm. ainsi que des frais de construction de la monture du télescope que je n'aurais pu entreprendre et mener à bonne fin sans son concours dévoué.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'observatoire de Genève

Il est sérieusement question de déplacer le service purement astronomique de l'observatoire, et surtout les instruments qui servent à la photographie céleste, afin de les sortir de l'atmosphère urbaine et de les éloigner de tout éclairage artificiel. Il fallait donc, au cours de l'année 1911, étudier les environs de la ville de Genève et le petit territoire du Canton, au point de vue astronomique et atmosphérique, par l'observation directe et la photographie.

M. Schær a bien voulu, sur ma demande, se charger de ce service d'exploration astronomique, et il a très gracieusement mis l'instrument dont il vient d'être question à ma disposition. Cet instrument est puissant, il est en même temps léger et facilement transportable. Il était entre les mains de celui qui le connaît le mieux, son constructeur. Il convenait donc parfaitement au but que nous poursuivions.

Afin d'opérer dans les meilleurs conditions et le moins de frais possible, nous avons fait établir un pavillon transportable et facilement démontable. Nous avons préféré pour obtenir plus vite l'équilibre de température entre l'extérieur et l'intérieur, un pavillon déplaçable sur rails, à un abri tournant. On en verra l'aspect sur l'une des photographies qui accompagnent la note de M. Schær. (Voir planche X)

Le pavillon a été prêt au mois de juillet dernier. Il a été installé pendant les mois de juillet à septembre, dans la commune de Collex-Bossy, au nord de la ville, sur le terrain de la Vieille Bâtie appartenant à M. Antoine Maréchal. Pendant les mois de septembre à novembre, il a été transporté sur la colline de Choully (commune de Satigny), à l'ouest de Genève, sur un terrain appartenant à M. Fontaine. Depuis le mois de novembre. il a été installé de l'autre côté du lac, au nord-est de la ville, dans un domaine de M. Adolphe Morel, au Carre (commune de Meinier).

Partout les astronomes ont trouvé le meilleur accueil, et je remercie très chaudement ici, messieurs les propriétaires qui nous ont prêté territoire, ainsi que les autorités des diverses communes, M. A. Maréchal, maire de Collex-Bossy et son adjoint M. Fernand Borel, M. Vouaillat, maire de Satigny et M. W. Martin, maire de Meinier, pour la surveillance qu'ils ont bien voulu faire exercer sur notre pavillon. J'y joins également l'expression de ma reconnaissance au Conseil d'Etat pour le crédit extraordinaire qu'il a bien voulu ouvrir au directeur de l'observatoire, et spécialement à MM. les Conseillers d'Etat W. Rosier et V. Charbonnet. pour leur empressement à satisfaire à mes demandes.

Au cours de ces pérégrinations et déjà avant, quand l'instrument de M. Schær était encore installé provisoirement à l'observatoire, un grand nombre de photographies ont été prises dans des conditions très variables de transparence de l'air et de température.

Nous en faisons reproduire quelques-unes, ainsi que celles qui donnent la silhouette générale de l'instrument et de ses détails de construction. Les finesses des clichés, spécialement de ceux des nébuleuses, ne peuvent naturellement être toutes rendues par ce procédé, mais ces photographies nous semblent cependant assez intéressantes pour être publiées; elles témoignent en tous cas de la puissance optique et du mouvement facile du télescope Cassegrain avec lequel elles ont été prises.

Sur un passage de l'ouvrage de P.-G. Tait

INTITULÉ

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DES QUATERNIONS[1]

PAR

C. CAILLER

Les lecteurs de cette revue ont eu la primeur des recherches de M. R. de Saussure sur la Géométrie des systèmes des corps solides, ou des feuillets, comme il l'a désignée lui-même. L'ensemble de ces recherches a été résumé ensuite par l'auteur dans un travail inséré aux *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.* Depuis ces publications, une discussion très vive s'est engagée entre M. de Saussure et M. Study sur leurs droits respectifs à la conception première de cette Géométrie des corps solides. Un des points principaux de ce débat concerne les formules ayant servi à M. Study, puis à M. Bricard d'après lui, pour déterminer les positions d'un solide librement mobile dans l'espace.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences[2], j'ai signalé incidemment la présence de ces formules dans des publications antérieures et jusque dans un livre d'enseignement très connu en France par la traduction qu'en a faite G. Plarr, le *Traité élémentaire des Quaternions,* de P.-G. Tait. Je spécifiais nettement que les formules en question revêtent en cet endroit une importance bien moindre que celle qu'elles devaient

[1] Toutes mes références sont empruntées à la traduction de Plarr (2e éd., Paris, 1884). Je ne doute pas que le passage en question ne se trouve également dans l'original et dans la traduction allemande (1880), que je ne puis me procurer.

[2] *C. R.,* février 1911.

acquérir plus tard. Je donnais, en un mot, à mon observation la valeur d'un simple renseignement historique, qui m'a paru digne d'intérêt par les raisons que je vais développer, déclarant par ailleurs que j'entendais rester en dehors de la discussion de priorité engagée entre les parties en cause.

Je n'avais pas songé, je l'avoue, en rédigeant ma Note, à en minuter les termes avec la précision méticuleuse d'un acte notarié; mal m'en a pris. J'ai en effet le regret de constater que ma pensée dont l'expression me paraissait à moi, claire, sans nuages comme sans équivoque, a été interprétée de façon différente par les deux adversaires, et deux fois à côté. L'un a l'air de s'emparer de ma remarque comme d'une arme[1]; le second ne sait où retrouver le passage que j'avais en vue, et l'insuccès de ses recherches semble infirmer l'exactitude matérielle de mon observation[2].

Je me vois donc à regret obligé de reprendre la plume sur ce sujet. Il m'importe, autant pour ma propre sauvegarde que dans l'intérêt de la vérité, de rétablir les faits et de rendre à ma remarque la place modeste, toute objective, indépendante et neutre, où j'entendais de tout temps la maintenir. Bien comprise d'ailleurs, elle ne peut servir la cause d'aucune des deux parties et, aussi peu, leur nuire.

Qu'on veuille prendre la peine d'ouvrir l'ouvrage de Tait (2e vol., p. 164 et suiv.); on y lit ces équations différentielles

$$\frac{dw}{W} = \frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z} = \frac{dt}{2}$$

où se trouvent rapprochées et mises en parallèle deux séries de quatre quantités, w, x, y, z et W, X, Y, Z. Ces dernières s'expriment au moyen des quatre autres et de trois nouvelles quantités ω_1, ω_2, ω_3 par les relations

$$\begin{aligned} W &= -\omega_1 x - \omega_2 y - \omega_3 z, \\ X &= \omega_1 w + \omega_3 y - \omega_2 z, \\ Y &= \omega_2 w + \omega_1 z - \omega_3 x, \\ Z &= \omega_3 w + \omega_2 x - \omega_1 y. \end{aligned}$$

[1] De Saussure. *Verhandl. d. schweiz. Naturforsch. Gesell.*, Soleure, p. 208-210.

[2] Study. *Jahresber. der deutsch. Math. Verein.* XX, 1911, Heft 9, 10.

Il suffit de les comparer avec les huit coordonnées homogènes introduites par M. Study, sous le n° 13 de son mémoire[1], et désignées par α_i, β_i ($i = 0, 1, 2, 3$), pour en constater l'identité sauf un facteur d'homogénéité. M. Bricard, de son côté, écrit les mêmes formules en employant seulement d'autres notations moins symétriques que celles de M. Study, et avec quelques variantes de signe sur lesquelles je reviendrai ci-après.

J'avais donc bien raison de dire que les combinaisons qui ont servi à ces auteurs figurent à la place indiquée. Toutefois la remarque perdrait toute signification si elle se réduisait simplement à constater des corrélations typographiques entre divers corps d'écriture. D'ailleurs, si on l'envisageait de la sorte, on pourrait certes remonter plus haut que Tait ou ses inspirateurs Hamilton, Cayley, Rodrigues, etc. Qui sait, peut-être suivrait-on la piste jusqu'en plein XVIIIe siècle, et quant à moi je serais bien surpris de n'en pas retrouver la trace chez Euler.

L'intérêt de ma remarque est ailleurs. Tait, qui expose dans le passage en question la théorie classique du mouvement des corps autour d'un point fixe, *connaît l'interprétation géométrique de ses huit coordonnées,* qu'on me permette de nommer ainsi les quantités w, W,... Elles se présentent à lui en effet dans ses équations différentielles, pour exprimer en fonction du temps le déplacement simultané d'un corps autour de son centre fixe et d'un vecteur mobile ε issu de ce même centre. Ce dernier est l'axe instantané de la rotation, et ce sont ses coordonnées relatives aux axes d'inertie du corps qui se nomment ω_1, ω_2, ω_3 et figurent dans les formules écrites plus haut. Tait effectue le passage de l'état initial du corps A_0 à l'état final A_1 par le moyen de l'opération symbolique

$$A_1 = qA_0q^{-1},$$

où q désigne le quaternion représentatif d'une rotation. Il trouve les quatre premières coordonnées en décomposant q en ses éléments, ainsi

$$= q\ w + ix + jy + kz;$$

[1] E. Study. Von der Parameterdarstellung der Bewegungen und Umlegungen. *Math. Ann.* (39e vol., 1891).

il obtient de même les quatre autres W, X, Y, Z par la décomposition du quaternion

$$\varepsilon q = W + iX + jY + kZ.$$

Or toutes ces opérations sont exactement celles qui formeront plus tard les coordonnées d'un corps solide dans l'espace, à condition qu'on prenne pour le vecteur ε la translation subie par l'origine. La seule différence effective que je puisse relever est la suivante.

Tait rapporte son vecteur mobile ε, non pas à des axes fixes de l'espace absolu, mais à des axes entraînés avec le corps mobile lui-même. Nommons η le vecteur de A_0 qui viendra s'appliquer sur ε par le déplacement du corps jusqu'en A_1 ; notre auteur forme toujours la combinaison $q\eta$, et non pas la combinaison εq. C'est même cette circonstance qui produit les changements de signe que j'ai mentionnés plus haut. Mais bien entendu, il ne s'agit là que d'une simple question d'écriture, les quaternions εq et $q\eta$ étant identiques en vertu de l'égalité

$$\varepsilon = q\eta q^{-1}$$

que Tait emploie constamment.

De tout cela résulte-t-il qu'il faille compter Tait au nombre des fondateurs de la Géométrie des solides ? On devrait d'abord estimer sa part personnelle dans les calculs que je viens de résumer et qu'il ne présente point du tout comme son œuvre propre, et cette part est probablement bien mince. Fussent-ils entièrement de lui, je ne saurais, quant à moi, lui reconnaître aucun droit de priorité. Son cas me semble seulement illustrer, mais d'une manière typique, une vérité banale : qui veut produire une explosion qu'il se procure de la poudre, mais n'oublie pas une étincelle ! Tait ne nous a donné que de la poudre, encore ne l'a-t-il pas su.

Parlons sans métaphore ; autre chose sont les formules, fussent-elles appuyées d'une traduction géométrique adéquate, autre chose les faits qu'elles doivent interpréter et les idées dont elles sont les complaisants véhicules. Peu de chose, dans ce passage, séparait Tait d'une véritable découverte. Peu, sauf le principal ; il n'a ni conçu l'idée, ni ressenti le besoin de

représenter les positions d'un corps dans l'espace par des formules analytiques simples et pratiques. S'il avait éprouvé ce besoin il n'aurait eu, en y pensant, qu'à reprendre les formules de la page 164 ; en faisant de son vecteur ε une translation quelconque, consécutive à la rotation q, il se fût trouvé en possession des véritables coordonnées q, εq d'un corps librement mobile dans l'espace. Il n'y a pas songé, il ne pouvait y songer ; une pareille généralisation était inutile au problème cinématique qu'il se bornait à présenter au point de vue spécial de l'algorithme des quaternions. Et il s'en faut même que le sens de ses opérations lui soit apparu avec la précision et la netteté que je leur ai conférées ici rétrospectivement ; il est bien probable qu'il n'a pas reconnu que l'ensemble de la rotation q et du vecteur ε est *caractérisé* par les deux quaternions q et εq qui entrent dans ses équations différentielles. A plus forte raison ne s'est-il point occupé des transformations si simples que subissent les coordonnées q, εq quand on change le système d'axes initial A_0 auquel l'autre A_1 est rapporté.

Son inadvertance ne peut paraître singulière que si on oublie la sorte d'illumination que projette en arrière comme en avant une conception scientifique originale et féconde, telle qu'est l'idée mère de la Géométrie des corps solides.

J'avais dit tout cela, en termes plus brefs, dans ma Note, quand parlant de Tait et de ses prédécesseurs, j'écrivais : « *Aucun de ces auteurs, et c'est là le point essentiel, n'a eu l'idée de considérer ces coordonnées comme déterminant la position d'un solide dans l'espace.* » Je n'ai rien à changer à ce jugement, non plus qu'à retirer de mes précédentes allégations.

Arrivé au bout de mon ingrate besogne, je dois déclarer que je considère le débat comme clos en ce qui me concerne : je garderai désormais le silence, quelles que puissent être les péripéties ultérieures d'un différend qui ne me regarde point directement.

NITRATION

DES

DÉRIVÉS ACYLÉS de la p-ANISIDINE

PAR

Frédéric REVERDIN et Armand de LUC

(Suite[1])

—

Les recherches antérieures que nous avons déjà publiées sur ce même sujet, nous avaient montré que l'introduction d'un résidu fortement acide, dans le groupe « amino » de la p-anisidine, favorise, en une certaine mesure, la formation d'une trinitro-p anisidine, que nous avons décrite précédemment[2]. Nous avions examiné, à cette occasion, l'influence du résidu substituant « nitrobenzoyle » sur la nitration. et dans les recherches dont nous allons rendre compte, nous avons pris en considération les résidus encore plus acides : « nitrobenzène » et « nitrotoluène-sulfonyles ».

m-nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine :

OCH^3

$N^H_{C^6H^4.NO^2.SO^2}$ *(m)*

Ce produit a été préparé en introduisant le sulfochlorure de m-nitrobenzène fondu (1 mol.) dans la solution alcoolique de p-anisidine (1 mol.) et d'acétate de soude (2 mol.), et chauffant

[1] *Arch. Sc. phys. et nat.* 1911, t. XXXII, p. 124.

[2] *Ibidem.* 1909, t. XXVII, p. 383 et 1910, t. XXIX, p. 476.

un quart d'heure au bain-marie. L'acyl-p-anisidine se dépose en grande partie de la solution alcoolique et il suffit de la laver pour la débarrasser du sel marin qui s'est en même temps séparé ; les eaux-mères, additionnées d'eau, fournissent encore une certaine quantité de produit que l'on fait ensuite cristalliser dans l'alcool étendu.

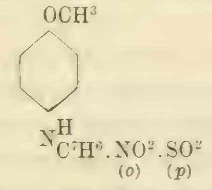
La nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine est en belles aiguilles blanches, f. à 135°.

0.1241 gr. subst. ont donné 10.5 cc. N (20°; 714 mm.)
Soit trouvé N = 9.26 %
Calculé pour $C^{13}H^{12}O^5SN^2$ N = 9.09 %

Son *dérivé acétylé* $C^6H^4.OCH^3.N(C^6H^4NO^2.SO^2)C^2H^3O$), qui se forme facilement en dissolvant la substance ci-dessus dans l'anhydride acétique additionné de deux à trois gouttes d'acide sulfurique concentré, est en jolies aiguilles blanches, f. à 181-182°, solubles à chaud dans l'alcool, peu solubles à froid.

0,1436 gr. ont donné 10.6 cc. N (19°, 703 mm.)
Soit trouvé N = 7.98 %
Calculé pour $C^{15}H^{14}O^6N^2S$ N = 8 %

o-nitrotoluène-p-sulfonyl-p-anisidine.



Préparé de la même manière que le composé précédent, en partant du p-sulfochlorure d'o-nitrotoluène, ce dérivé cristallise en fines aiguilles blanches, f. à 81°, il est insoluble dans l'eau, un peu soluble à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, très soluble à chaud dans ces deux dissolvants ainsi que dans le benzène, insoluble dans la ligroïne.

0.1156 gr. subst. ont donné 9.1 cc. N (18°; 716 mm.)
Soit trouvé N = 8.70 %
Calculé pour $C^{14}H^{14}O^5N^2S$ N = 9.06 %

Son *dérivé acétylé* $C^6H^4.OCH^3.N.(C^7H^6.NO^2.SO^2.)(C^2H^3O)$ est en aiguilles incolores, f. à 161°, il est insoluble dans l'alcool et

l'acide acétique à froid, il y est soluble à chaud ainsi que dans le benzène, insoluble dans la ligroïne.

0.1361 gr. subst. ont donné 9.6 cc. N (14°; 717 mm.)
Soit trouvé N = 7.84 %
Calculé pour $C^{16}H^{16}O^{6}N^{2}S$ N = 7.69 %

I. — *Nitration de la nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine.*

1° *Avec* HNO^3 *de* D = 1.38.

En introduisant l'acyl-p-anisidine dans dix parties d'acide nitrique, la température monte d'elle-même à 36°, et le produit se dissout peu à peu, avec léger dégagement gazeux ; on ne retire que 60 à 70 % d'un mélange, renfermant, comme produit principal, un *dérivé dinitré* dans le noyau, de couleur jaune orange, f. à 170°, peu soluble dans l'alcool et donnant, à la saponification [1], la dinitro-2-5-p-anisidine. Ce produit correspond donc à la *nitrobenzène-sulfonyl-dinitro-2-5-p-anisidine :*

$$\underset{(1)}{C^6H^2.OCH^3}.\underset{(2)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.(C^6H^4NO^2SO^2)$$

Si, dans cet essai, on fait monter la température jusqu'à 62° environ, température à laquelle commence un dégagement de vapeurs rutilantes, on obtient, avec un rendement de plus de 100 % en produit brut du poids de la substance mise en réaction, un mélange, qui, après avoir été repris par l'alcool dilué ou par l'acide acétique, a été reconnu comme étant constitué par deux composés, dont l'un f. à 165-166° et l'autre à 170°.

Le premier de ces produits, le plus soluble, est en aiguilles blanches et donne, à la saponification, la dinitro-3-5-p-anisidine, c'est donc la *nitrobenzène-sulfonyl-dinitro-3-5-p-anisidine* de la formule :

$$\underset{(1)}{C^6H^2.OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}(C^6H^4NO^2SO^2)$$

Ce composé est assez soluble à froid dans l'alcool et l'acide acétique, très soluble à chaud, insoluble à froid dans le benzène et soluble à chaud, insoluble dans la ligroïne.

[1] N.-B. La saponification a été faite dans tous ces essais en chauffant le produit au bain-marie en solution dans l'acide sulfurique concentré.

0.1518 gr. subst. ont donné 18.7 cc. N (14°; 711 mm.)
Soit trouvé N = 13.71 %
Calculé pour $C^{13}H^{10}O^{9}N^{4}S$ N = 14.07 %

La partie la moins soluble dans l'alcool reprise par l'acide acétique laisse déposer des prismes jaune orange, f. à 170°, constitués par le produit déjà décrit ci-dessus.

Enfin, en chauffant à feu nu la solution dans l'acide nitrique de la nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine, jusqu'à cessation des vapeurs rutilantes, puis laissant refroidir, il se dépose environ 20 % d'une substance cristalline jaune pâle, constituée en majeure partie par un composé cristallisant dans l'alcool, en petits cristaux prismatiques presque incolores, f. à 189-190° et qui donne, par saponification, la trinitro-2-3-6-p-anisidine. C'est donc la *trinitro-2-3-6-nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine* de la formule :

$$C^{6}H.OCH^{3}.NO^{2}.NO^{2}.NO^{2}.NH.(C^{6}H^{4}NO^{2}SO^{2})$$
(1) (2) (3) (6) (4)

0,1594 gr. subst. ont donné 22.3 cc. N (20°; 720 mm.)
Soit trouvé N = 15.45 %
Calculé pour $C^{13}H^{9}O^{11}N^{5}S$ N = 15.80 %

Ce composé est peu soluble à froid dans l'alcool, soluble à chaud, soluble à froid dans l'acide acétique et un peu dans le benzène, insoluble dans la ligroïne.

2° *Avec* HNO^{3} *de* D = 1.38 *et acide acétique.*

En introduisant l'acide nitrique dans une émulsion d'une partie d'acyl-p-anisidine dans vingt parties d'acide acétique, puis chauffant au bain-marie à 70°, c'est-à-dire jusqu'à commencement de vapeurs rutilantes, on a obtenu 60-70 % d'un produit composé en majeure partie de la *dinitro-3-5-nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine,* f. à 165-166°, décrite ci-dessus.

3° *Avec* HNO^{3} *de* D = 1.52.

L'acide nitrique de D = 1.52 à 60° (et même en grande partie déjà à 36°) transforme l'acyl-p-anisidine en produits de décomposition complètement solubles, mais si l'on opère à basse température, soit de 0° à -5°, on obtient 60 % d'un mélange, dont la partie la moins soluble dans l'alcool est constituée par le *dérivé dinitré* en 2.5 déjà décrit, f. à 170°, et l'autre f. à 189-190° fournit, par saponification, la trinitro-2-3-6-p-anisidine. Ces produits se sont formés en quantités

égales. Dans un essai on avait retrouvé également, mais en très petite quantité, un produit donnant, par saponification, la dinitro-2-3-p-anisidine.

4° *Avec* HNO^3 de D = 1.52 *et acide acétique.*

En opérant en émulsion acétique avec l'acide nitrique de D 1.52, en laissant monter la température à 52°, on obtient que fort peu de produit à aspect résineux, mais si l'on maintient la température entre +5° et +10°, on retire du produit de la réaction, après cristallisation dans l'alcool, 60 % d'une substance cristallisée en jolies aiguilles jaune d'or, f. à 127°, et des eaux-mères une petite quantité d'un produit résineux qui donne à la saponification de la dinitro-3-5-p-anisidine.

Le composé f. à 127°, donnant, à la saponification, la mononitro-3-p-anisidine, est constitué par la *nitro-3 nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine* de la formule :

$$\underset{(1)}{C^6H^3.OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.C^6H^4NO^2.SO^2$$

0.1042 gr. subst. ont donné 11.5 cc. N (19°; 719 mm.)
Soit trouvé N = 12.21 %
Calculé pour $C^{13}H^{11}O^7N^3S$ N = 11.90 %

II. — *Nitration de la nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine*

1° *Avec* HNO^3 de D = 1.38.

Lorsqu'on introduit l'acyl-p-anisidine dans l'acide nitrique et que l'on coule dans l'eau, après avoir laissé la température monter d'elle-même à 36°, on obtient avec un rendement de 70 % environ la *mononitro-3-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine :*

$$\underset{(1)}{C^6H^3.OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}\ C^7H^6.NO^2.SO^2.$$

Ce produit est en petits prismes jaune citron, f. à 132°, il est insoluble à froid dans l'alcool et peu soluble dans l'acide acétique, il est soluble à chaud dans ces deux dissolvants ainsi que dans le benzène, insoluble dans la ligroïne, soluble à froid dans l'acétone. Il fournit, par saponification, la mononitro-3-p-anisidine.

0.1284 gr. subst. ont donné 13.6 cc. N (14°; 710 mm.)
Soit trouvé N = 11.77 %
Calculé pour $C^{14}H^{13}O^7N^3S$ N = 11.44 %

Si, dans la nitration, on laisse monter la température jusqu'à 62°, il y a dégagement abondant de vapeurs rutilantes, et le rendement en produit brut n'est plus que de 40 %; repris par l'alcool, il laisse déposer de belles aiguilles incolores, qui, malgré plusieurs cristallisations dans l'alcool, l'acide acétique, le mélange de benzène et de ligroïne, fondent mal de 125-140°. Ces aiguilles sont un peu solubles à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, solubles à chaud dans ces deux dissolvants, ainsi que dans le benzène, elle sont aussi solubles à froid dans l'acétone et insolubles dans la ligroïne. Ce composé fournissant, par saponification, la dinitro-3-5-p-anisidine, constitue donc la *dinitro-3-5-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine* de la formule :

$$\underset{(1)}{C^6H^2.OCH^3}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.C^7H^6.NO^2.SO^2.$$

0.1270 gr. subst. ont donné 15.2 cc. N (17°; 711 mm.)
Soit trouvé N = 13.18 %
Calculé pour $C^{14}H^{12}O^9N^4S$ N = 13.59 %

Enfin, lorsqu'on chauffe au bain-marie, puis à feu nu jusqu'à cessation des vapeurs rutilantes la solution nitrique, et qu'on laisse refroidir, il ne se dépose pas de cristaux, et en coulant dans l'eau, on n'obtient plus que 15 % de produit nitré brut, qui est un mélange renfermant à peu près 2/3 de *dérivé trinitré* dans le noyau, et 1/3 du *dérivé dinitré* en 3-5 dont nous venons de parler.

Le produit de la réaction, repris par l'alcool, laisse déposer, en premier lieu, la *trinitro-2-3-6-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine*

$$\underset{(1)}{C^6H.OCH^3}.\underset{(2.3.6)}{(NO^2)_3}\underset{(4)}{NH}.C^7H^6.NO^2.SO^2.$$

sous la forme de petites aiguilles, f. à 184-185°. Ce composé est insoluble à froid dans l'alcool et l'acide acétique, soluble à chaud dans ces deux dissolvants ainsi que dans le benzène, il est soluble à froid dans l'acétone et insoluble dans la ligroïne. Il fournit, par saponification, la trinitro-2-3-6-p-anisidine.

En ajoutant de l'eau à la solution alcoolique filtrée, on retire le dérivé dinitré en 3-5.

2e *Avec* HNO^3 de D = 1.38 *et acide acétique.*

La nitrotoluène sulfonyl-p-anisidine étant facilement soluble

dans l'acide acétique, on a introduit l'acide nitrique dans la solution à la température ordinaire, puis on a fait monter la température jusqu'au moment où des vapeurs rutilantes commencent à se dégager. c'est-à-dire jusqu'à 67°. En faisant cristalliser le produit obtenu dans l'alcool, dans lequel il est facilement soluble, on a obtenu, par refroidissement, de belles et longues aiguilles incolores, f. à 125-140°, constituées par la *dinitro-3-5-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine*, déjà décrite.

Le rendement en produit pur a été dans cet essai de 75 %, de la quantité mise en réaction.

3° *Avec* HNO^3 de D = 1.52.

En faisant réagir l'acide nitrique sur l'acyl-p-anisidine entre —5° et +10°, on a obtenu un produit dont une partie est presque insoluble dans l'acide acétique à la température du bain-marie, elle a été reprise par l'alcool bouillant et a laissé déposer, par le refroidissement, de petits prismes rectangulaires presque incolores qui, après purification par l'acide acétique, fondent à 180°. Ce composé, soluble dans l'alcool, dans l'acide acétique et dans le benzène à chaud, insoluble dans la ligroïne, fournissant par saponification. la dinitro-2-3-p-anisidine, correspond donc à la *dinitro-2-3-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine* de la formule :

$$C^6H^2.OCH^3.\underset{(2)}{NO^2}.\underset{(3)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.C^7H^6.NO^2.SO^2.$$

0.1960 gr. subst. ont donné 25.2 cc. N (17°; 703 mm.)
Soit trouvé N = 14.01 %
Calculé pour $C^{14}H^{12}O^9N^4S$ N = 13.60 %

Le rendement en produit pur a été de 34 %.

On a retiré de la partie soluble. dans l'acide acétique, par addition d'eau, des aiguilles feutrées, jaune citron, qui, après avoir encore été cristallisées dans l'alcool, fondent à 154° et sont constituées, d'après le résultat de leur saponification, par la *dinitro-2-5-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine* de la formule :

$$C^6H^2.OCH^3.\underset{(2)}{NO^2}.\underset{(5)}{NO^2}.\underset{(4)}{NH}.C^7H^6.NO^2.SO^2$$

Le rendement en produit pur a été pour ce dernier composé de 30 %. Dans un autre essai, on a obtenu 38 % du premier et 32 % du second.

Le produit f. à 154° est un peu soluble à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, il y est soluble à chaud ainsi que dans le benzène, insoluble dans la ligroïne.

Les essais faits avec l'acide nitrique de D = 1.52 à des températures plus élevées ont montré qu'il y avait, dans ce cas, formation de produits de décomposition solubles.

4° *Avec* HNO^3 de D = 1.52 *et acide acétique.*

En opérant à froid, dans les mêmes conditions que lors de la nitration de la nitrobenzène-sulfonyl-p-anisidine, on a obtenu un mélange de deux composés qui ont été séparés par cristallisation dans l'alcool. Le produit le moins soluble dans ce dissolvant est en petits prismes jaune citron, f. à 132°, et constitue la *mononitro-3-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine*, déjà décrite.

La seconde substance, que l'on retire des eaux-mères alcooliques par addition d'eau, avec un rendement de 20 °/₀ en produit pur, fond à 154° et correspond à la *dinitro-2 5-nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine*, déjà décrite ci-dessus.

En employant une plus grande quantité d'acide nitrique pour la nitration. soit 16 parties pour une du dérivé acylé, nous avons obtenu 20 °/₀ seulement du dérivé mononitré et 100 °/₀ du dérivé dinitré ; enfin, en opérant à 60°, avec les mêmes proportions d'acide nitrique, il s'est formé les mêmes produits, avec un rendement total en composés purs de 65 °/₀.

Il résulte de ces essais que les dérivés trinitrés, dans le noyau, se forment avec les deux acyl-p-anisidines dont il vient d'être question, par l'action de HNO^3 de D = 1.38, tandis qu'avec les nitro-benzoyl-p-anisidines étudiées précédemment, il fallait employer, pour arriver au même résultat, de l'acide de D = 1.52. La présence des groupes « nitrobenzène » ou « nitro-toluène-sulfonyles », dans l'« amino », paraît. d'une part, faciliter la formation des dérivés trinitrés. mais, d'autre part, rendre la molécule plus oxydable, car, en général, les rendements dans ces essais ont été faibles.

On remarquera que l'acide de D = 1.52 en présence d'acide acétique donne lieu à la formation du dérivé mononitré, parce qu'on est obligé d'opérer à froid, tandis que, dans les mêmes

conditions, avec l'acide de D = 1.38, il n'y a pas réaction, et à une température plus élevée, ce sont les dérivés dinitrés qui prennent naissance.

Tous les dérivés étudiés sont facilement saponifiables par l'acide sulfurique, ce qui les distingue d'une partie de ceux des nitro-benzoyl-p-anisidines, qui le sont très difficilement.

Si maintenant nous comparons entre eux les deux dérivés acylés qui font l'objet de cette étude, nous constatons que la nitrotoluène-sulfonyl-p-anisidine est moins facilement oxydable que la nitrobenzène-sulfonyle, puisqu'en nitrant la première avec de l'acide de D = 1.52, en présence d'acide acétique et à 60°, on obtient 65 % de produit nitré, tandis qu'avec la seconde il y a déjà décomposition à 52°. Enfin nous obtenons, en opérant dans les mêmes conditions, avec le dérivé toluénique, un produit renfermant plus de la moitié de dérivé dinitré 2-3, le reste étant du dérivé dinitré 2-5, tandis qu'avec le dérivé benzénique, c'est ce dernier qui se forme presque exclusivement.

On peut, en résumé, conclure de ces essais que les résidus « nitro-benzène » et « nitro-toluène-sulfonyles », ont sur la nitration, au point de vue quantitatif et au point de vue de l'orientation des groupes « nitro » dans la molécule, une influence un peu différente et qu'il paraît utile de continuer l'étude de cette question, en faisant varier la nature des groupes substitués à l'« amino ».

Genève. Laboratoire de Chimie organique de l'Université.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS OXYDANTS

PAR

R. CHODAT

(Suite [1])

V. — Les matières protéiques et leurs dérivés, en présence du réactif p-crésol-tyrosinase (II)

J'ai montré dans un article récent de ce journal [1] que la crésol-tyrosinase est un remarquable réactif des acides aminés et des peptides. Dans ce nouveau Mémoire je vais préciser les résultats obtenus et les vérifier à partir des peptides variés qui résultent de l'hydrolyse des matières protéiques ou des polypeptides obtenus par synthèse ou des mélanges de polypeptides, appelés peptones.

Il a été signalé par nous que l'alanine fait exception parmi les peptides étudiés, en ce que la couleur rouge produite par cet acide aminopropionique ne vire pas au bleu comme cela est le cas avec le glycocolle, la leucine, la phénylalanine, la tyrosine. Nous n'avions à ce moment à notre disposition que les acides aminés extraits des végétaux c'est-à-dire les d. alanine, l. leucine, phényl-d. alanine, oxyphényl-d. alanine. L'anomalie présentée par la d. alanine nous portait à penser qu'elle était due à une disposition stérique particulière à ce corps d. et étrangère à celle des corps l. étudiés.

[1] *Archives*, 1912, p. 70 et seq.

Pour résoudre cette question il devenait indispensable d'expérimenter à partir des isomères. Tous ceux qui se sont occupés de près ou de loin de ces questions relatives à la constitution des matières protéiques connaissent les grands travaux de M. Emile Fischer qui a non seulement trouvé de nouvelles méthodes pour isoler, des produits de l'hydrolyse des matières protéiques, les acides aminés variés, mais a inventé d'ingénieuses méthodes pour effectuer la synthèse des acides aminés et pour séparer des corps racémiques leurs isomères optiquement actifs[1]. Ce savant qui a déjà, à deux reprises, encouragé nos recherches en y collaborant activement par l'envoi de polypeptides, nous a encore cette fois, aidé à poursuivre ces recherches difficiles. Ce dont nous le remercions bien vivement. Nous devons également à l'obligeance de M. E. Schulze, le savant pionnier de l'analyse méthodique des matières protéiques d'origine végétale, l'envoi gracieux de plusieurs substances rares. Nous lui exprimons les mêmes remerciements. Dans les produits de l'hydrolyse protéique les deux alanines existent ; le d. alanine comme tel le l. alanine comme phényl-l. alanine ou comme oxyphényl-l. alanine (tyrosine). Il ne semble pas qu'on ait isolé ce dernier (le l. alanine) de l'hydrolyse des albumines.

Nous avons donc répété les expériences déjà décrites en comparant l'activité de ces deux alanines avec celle des deux leucines d. et l. Ces deux dernières ont été rencontrées parmi les produits de l'hydrolyse des matières protéiques, le corps l. plus souvent que le corps d.

Nous recommandons d'utiliser toujours dans des essais comparatifs le glycocolle comme échelle de comparaison. En effet c'est non seulement le plus simple des acides aminés mais aussi celui dont il est le plus facile de se procurer à l'état de pureté parfaite. Ne possédant pas de carbone asymétrique il réunit toutes les conditions d'un test-objet. En effet, la rapidité avec laquelle apparaît le rougissement et plus tard l'inversion au crésol-azur et l'intensité de cette coloration, permet d'établir une comparaison avec le plus simple des peptides.

[1] E. Fischer. Ueber die Spaltung einiger racemischer Aminosäuren in die optisch-aktiven Komponenten, *Ber. d. d. chem. Ges.* 32, 2451 (1898) et 33, 2370 (1900).

Exp. — Solution de peptides ($^1/_{25}$ Mol.) 3 cm^3; p-crésol ($^1/_{250}$) 1 cm^3; ferment ($^{0,20}/_{100}$) 1 cm^3.

24 heures :

Glycocolle. .	bleu foncé, fortement dichroïque.
Alanine d...	rouge congo vif.
Alanine l. . .	rouge vin de Bordeaux.
Leucine l. . .	bleu foncé, dichroïque.
Leucine d...	bleu violet noirâtre, dichroïsme faible.

Le glycocolle rougit le premier, puis leucine d., alanine l. et finalement alanine d. et leucine l. On voit clairement par cette expérience répétée plusieurs fois que si c'est l'alanine l. qui rougit avant l'isomère d., pour la leucine c'est le contraire. Pendant plusieurs heures, après le rougissement initial, la différence se maintient dans l'intensité de la coloration[1]. Alors, qu'au bout de deux heures, l'alanine l. est encore rouge-jaune, la leucine l. est devenue rouge-congo très vif. Aussi, vingt-quatre heures après l'intensité de coloration est-elle la plus forte dans cet essai : violet-noir.

On a répété cette expérience en augmentant la quantité d'acide aminé (4 ccm. au lieu de 3 ccm.). Le résultat est le même. Mais dans alanine l. il y a une teinte bordeaux plus accentuée qui indique une tendance à virer au bleu (24 heures).

Dans ces conditions il devenait improbable que la difficulté que présentait, dans de précédentes occasions, l'alanine d. à bleuir, dans les mêmes conditions que d'autres acides aminés optiquement actifs, serait due à un stérisme d. opposé à un stérisme l. puisque pour la leucine le bleuissement se fait dans le cas de la leucine d. comme dans le cas de la leucine l.

Sachant que l'inversion au bleu nécessite, même pour les acides aminés qui la fournissent avec le plus de facilité, une quantité suffisante d'acide aminé, souvent un multiple du p. crésol nous avons répété plusieurs fois cette expérience et toujours avec le même résultat. Mais si on attend 48 heures (en ajoutant du chloroforme pour maintenir le liquide aseptique) l'alanine l. fournit également une coloration bleu-foncé typique

[1] Nous ne pensons pas d'ailleurs que la rapidité avec laquelle le premier rougissement se fait indique avec sûreté que l'intensité sera proportionnelle. Voir plus loin.

avec dichroïsme caractéristique; l'alanine d. une teinte violet foncé dichroïque.

Ainsi à des concentrations suffisantes les alanines n'échappent pas à la loi. Elles sont plus lentes dans ce phénomène et ceci est déjà très remarquable et nous avertit qu'à même concentration NH_2 et COOH, la réaction n'est ni de même vitesse ni de même intensité pour les divers peptides. La configuration des deux alanines

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ H\ C\ COOH \\ | \\ NH_2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} COOH \\ | \\ H\ C\ CH_3 \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

assez symmétrique semble être peu favorable à l'inversion au bleu.

On a cité que dans la désamidation des peptides par le suc du foie il y a une anomalie en ce qui concerne l'alanine qui reste intacte alors que les autres sont rapidement désamidés.

Mais d'autre part on ne saurait nier que la structure différente des deux isomères ne joue un rôle dans cette réaction, puisque, soit pour l'alanine soit pour la leucine, la vitesse et l'intensité de la réaction sont différentes. C'est un nouvel exemple de l'importance de la structure stérique dans les phénomènes déclenchés par les ferments.

Ce retard à bleuir, constaté pour les deux alanines stéréoisomères, par rapport au glycocolle et aux deux leucines est tout aussi apparent lorsqu'on compare cette réaction de l'alanine avec celle fournie par les polypeptides. (Voir plus loin).

Nous avons pu aussi expérimenter à partir de l'acide aminovalérianique (valine α. d.) qui ressemble à l'alanine d.

On dissout 0,03 des peptides suivants dans 3 ccm. d'eau: glycocolle, d. alanine, d. valine. Au moyen d'une pipette graduée on prend 1,5 ccm. de glycocolle, 1,78 d'alanine, 2,34 de valine; on ajoute de l'eau ad 3 cm^3. A chaque essai 0,5 cm^3 de p-crésol et 1 cm^3 de ferment. C'est la valine qui rougit d'abord (presque immédiatement) puis le glycocolle, le rougissement de l'alanine tarde à venir. L'alaline conserve encore ici son caractère propre. Trois heures après glycocolle est rose violacé, alanine rouge un peu jaune, valine rouge vif cerise, beaucoup plus

foncé que glycocolle. Six heures après, glycocolle tourne au violacé, les autres sont sans changement. 24 heures après glycocolle est violet, alanine rouge-congo, valine rouge-cerise violacé. Finalement glycocolle et valine bleuissent laissent en arrière l'alanine, qui reste rouge.

Enfin nous avons essayé l'action de l'amide de l'acide glutamique, acide aminé dicarbonique très important puisqu'il constitue parfois une proportion notable des produits de la digestion ou de l'hydrolyse par les acides. On sait que les acides dicarboniques comme l'acide aspartique[1] ne réagissent pas à cause de leur caractère franchement acide. Mais l'amide de l'acide aspartique réagit fortement. Comparée au glycocolle et aux mêmes concentrations *absolues*, la glutamine amène au rougissement beaucoup plus lentement; mais plus tard la teinte rouge est plus intense et 24 heures après la teinte finale est d'un bleu plus foncé.

Il nous restait à examiner l'action des acides diaminés comme l'arginine [celle des acides aminés attachés à un noyau benzénique était élucidée (phénylalalanine, oxyphényl l. alanine)], l'action d'un acide aminé attaché à un noyau indol, comme le tryptophane et enfin celle de l'acide α pyrrolidine carbonique, acide aminé un peu particulier.

$$
\begin{array}{ccl}
H_2C & \text{---} & CH_2 \\
| & & | \\
H_2C & & CH.COOH. \\
 & \diagdown\diagup & \\
 & NH &
\end{array}
$$

Nous avons pu nous procurer de la cystine[2], acide diamine sulfuré de la formule:

$$
\begin{array}{rcl}
 & CH_2-S-S-CH_2 & \\
 & | \qquad\qquad\quad | & \\
NH_2H.C & & CH.NH_2 \\
 & | \qquad\qquad\quad | & \\
 & COOH \qquad COOH. &
\end{array}
$$

Nous avions à notre disposition une petite quantité de nitrate

[1] Staub. *Thèse*, Genève; Abderhalden, *l. c.*

[2] Grâce à l'aimable obligeance de M. le Prof. E. Winterstein auquel nous adressons tous nos remerciements).

d'*arginine* (E. Schulze). Déjà sous cette forme cet acide aminé rougit dans notre réaction.

$$C\begin{cases} NH_2 \\ = NH \\ NH.CH_2.CH_2.CH_2.\underset{}{\overset{NH_2}{\overset{|}{C}}}H.COOH. \end{cases}$$

Nous l'avons précipité par l'acide phosphowolframique, puis décomposé par la baryte caustique. On précipite la baryte en excès par l'acide carbonique.

La d-arginine isolée a la même action que les autres acides aminés, ainsi que le faisait prévoir l'analogie de structure ; la teinte rosée est du type du glycocolle ; il y a finalement inversion au violet puis au vert-bleu.

Dans tous les cas ce nouvel acide aminé découvert par E. Schulze complète la série et laisse l'alanine seul de son type. On sait que l'arginine est une des substances mère de l'urée. Les substances protéiques en contiennent des quantités variant de 7.6 (gélatine) 11 (édestine) à 87.4 (salmine = protamine du sperme du saumon).

Le tryptophane ou indol-alanine

$C.CH_2.CH(NH_2)COOH.$

CH

NH

Tryptophane

est bien connu par les réactions à l'eau bromée et la réaction d'Adamkiewicz. On a prétendu que ce corps donne avec le ferment tyrosinase une réaction faiblement rose. Abderhalden qui a étendu cette recherche à des peptides à tryptophane croyait qu'elle n'était pas due à des impuretés. Mais nous avons répété plusieurs fois les essais et toujours le résultat était négatif, tant en partant du tryptophane mis à notre disposition par E. Schulze que lorsque nous avons pu étendre cette recherche à la tryptophane obtenue du commerce. La formule développée du tryptophane qui est une indol-alanine ne faisait supposer aucune réaction directe avec notre réactif, puisque le noyau indol lui-même ne la donne pas non plus (voir plus loin).

Par contre sa chaîne alanine laissait prévoir une action comparable à celle de la phényl-alanine. C'est ce qui a lieu en

effet : la coloration rose est rapide elle ressemble à celle que donne l'alanine dans les mêmes conditions.

Nous ne disposions que de petites quantités de α proline (acide α pyrrolidine carbonique) le corps est un peu particulier mais partage cependant la plupart des propriétés des acides aminés : il fournit un sel de cuivre, s'unit avec le phenylisocyanate en un acide phenyluréide dont l'anhydride se forme facilement.

$$\begin{array}{l} CH_2 - CH_2 \\ \;|\qquad\;\; | \\ CH_2 \quad CH - CO \\ \quad \diagdown \diagup \qquad | \\ \quad\; N - CO - N - C_6H_5 \end{array}$$

Phényluréide

Exp. : α-proline 0,01; p-crésol 1 cm^3; eau 1 cm^6; tyrosinase 1 cm^3.

La réaction se fait immédiatement : la teinte est d'un rouge très caractéristique, très différente de celle fournie par tous les autres acides aminés étudiés et qui ne rappelle en rien le rouge-congo ou le rouge cerise, ni le rose violacé du glycocolle. C'est une teinte rouge fuchsine violacé intense. Toutes choses égales l'α proline agit plus vivement que les autres acides aminés. La couleur reste inaltérée, ne montre aucune tendance à virer vers le bleu même après plusieurs semaines. Mais je n'oserais affirmer qu'en employant de plus grandes quantités ce virage ne se ferait pas. J'ai répété l'expérience en diminuant la quantité de p-crésol, le résultat a été identique.

E. Abderhalden[1] a aussi obtenu une réaction analogue comme coloration en combinant, selon notre méthode, de l'α-proline au glycyl l. tyrosine. Ici le peptide et plus particulièrement le p-oxyphénylalanine se comporte comme phénol et remplace notre p-crésol. En effet, si nous comparons les réactions obtenues à partir du para-crésol en présence des acides aminés avec celles réalisées à partir du glycyl- l. tyrosine, nous remarquons un remarquable parallélisme (voir plus loin). On voit que ce parallélisme se maintient pour ce qui est de l'α pyrrolidine acide carbonique.

On sait d'autre part que la proline n'est pas directement attaquée par la tyrosinase (Abderhalden l. c.).

[1] Abderhalden et Guggenheim, *l. c.*

Ainsi tous les acides aminés, ceux de la série grasse comme ceux qui sont unis à des chaînes de benzol ou d'indol fournissent cette réaction du p-crésol-tyrosinase.

On pouvait se demander comment se comporterait l'acide aminé dérivé du benzol, l'acide anthranilique qui est aussi un acide α, c'est-à-dire où les deux groupes NH_2 et COOH sont contigus.

NH_2
COOH

L'essai est négatif. Nous ne voulons pas insister sur cette différence importante. Rappelons seulement les différences essentielles qui séparent les phénols des alcools, les acides gras des acides aromatiques, etc. D'autre part, l'acide anthranilique n'a jamais été rencontré parmi les produits de l'hydrolyse des albumines ni aucune substance qui pourrait faire prévoir sa formation. La production de l'indigo dans les plantes doit bien plus probablement être dérivée de la tyrosine, du phényl-glycocolle ou de la phényl-alanine.

Nous avons ainsi pu expérimenter sur toutes les *catégories* d'acides aminés qui résultent de l'hydrolyse des matières protéiques (à l'exception des acides aminés sulfurés comme la cystine ; mais la constitution de la cystine fait prévoir une réaction positive)[1].

La crésol-tyrosinase et les polypeptides

Le résultat positif obtenu à partir du glycyl. l. tyrosine faisait prévoir que les autres dipeptides et les polypeptides se comporteraient d'une manière analogue.

Nous avons pu expérimenter sur les polypeptides suivants synthétisés par M. E. Fischer :

[1] La cystine étant peu soluble dans l'eau on ne peut faire un essai comparatif avec le glycocolle à la concentration $^1/_{250}$; mais même à cette dilution faible (saturation de l'eau bouillante par la cystine) le rougissement est beaucoup plus vif pour la cystine, mais 24 h. après le glycocolle a viré au bleu, la cystine ne devient verte qu'au bout de 48 h. et dans ces conditions d'expérience n'arrive pas au bleu. (Note ajoutée pendant l'impression.)

diglycylglycine
glycyl-l.tyrosine
glycyl-d.alanine
d-alanyl-d.leucine
l-alanyl-glycylglycine
l-leucyl-l.leucine.

Nous avons procédé comme précédemment : on dissolvait une quantité proportionnelle au poids moléculaire au $^1/_{100}$ dans 250 gr. d'eau soit une solution de $^1/_{25}$ mol. Dans une première série d'essais on ajoutait au mélange habituel (tyrosinase 1 cm^3 ($^{0,05}/_{20}$), p-crésol ($^1/_{250}$) 1 cm^3 ; 3 cm^3 de la solution de polypeptide ; dans une seconde expérience 4 cm^3. Le résultat a été le suivant (24 heures) diglycylglycine, teinte « violet de gentiane », magnifique dichroïsme rouge fuchsine.

glycyl-l.tyrosine, teinte bleue comme pour glycocolle avec dichroïsme rouge.

glycyl-d.alanine, couleur vert olive puis vert herbe passant au vert-jaune.

d-alanyl-d.leucine, teinte violet-bleu foncée avec dichroïsme intense.

l-alanyl-glycyl-glycine, couleur bordeaux violacé avec dichroïsme caractéristique.

l-leucyl-l.leucine, bleu foncé dichroïque intense comme glycocolle.

C'est avec le diglycyl-glycine que la teinte violette est la plus marquée et la plus franche avec le maximum de dichroïsme apparent. Mais toutes choses égales l'intensité de cette coloration est faible comparée à celle fournie par les peptides et les polypeptides comme glycocolle, l.leucine, d.leucine, l.leucyl-l.leucine et d.alanyl-l.leucine. D'autre part la teinte produite avec le d.alanyl-l.leucine est analogue à celle donnée par le glycyl-glycine. La couleur vert bouteille ou vert olive assez intense donnée par le glycyl-d.alanine est assez semblable à celle qu'on observe dans certaines cultures de Bactéries, par exemple le *Pseudomonas pyocyanews*.

Si au lieu de 3 cm^3 on prend 4 cm^3 de polypeptide le résultat est le même.

48 heures : diglycyl-glycine, violet de gentiane comme précé-

demment ; glycyl-d.alanine vert-olive ; l-leucyl-leucine bleu foncé plus intense que celui fourni par les leucines.

Remarquons que tous rougissent au début. Comparés aux acides aminés aux mêmes concentrations moléculaires on aura pour l'ordre de rougissement la série suivante :

Glycocolle. diglycylglycine, leucine-d. alanine l.glycyl-d.ala-. nine, d.alanyl-l. leucine. d. alanine, l. leucine, l. leucyl-l. leucine

Il faut remarquer quant aux teintes : rose violacé : glycocolle; rose plus violacé : glycyl-l. tyrosine; violacé presque dès le début après une phase courte rosée : diglycylglycine; rouges : glycyl-d.alanine, l'alanylglycyl-glycine, l.leucyl-l.leucine, d.alanyl-l. leucine. Les alanines conservent longtemps une couleur rouge-orangé. Le premier qui vire au violet c'est le diglycylglycine.

J'ai fait la même expérience en employant un poids identique de toutes ces subtances, soit 0,01 de chaque peptide ou polypeptide; 0,5 cm^3 p-crésol; 1 cm^3 ferment; 1 cm^3 eau. 30 heures après glycocolle, bleu caractéristique ; glycyl-l. tyrosine violet-bleu ; glycyl-d. alanine, vert olive foncé ; diglycylglycine, violet gentiane foncé, dichroïsme magnifique ; l alanyl-glycylglycine, rouge intense ; l. leucyl-l. leucine violet bleu; d. alanyl-l. leucine violet plus foncé.

42 heures : glycocolle, bleu caractéristique; glycyl-l. tyrosine, idem très beau ; glycyl-d. alanine, vert bouteille; diglycylglycine, violet gentiane ; l'alanyl-glycyl-glycine, rouge bordeaux violacé ; l. leucyl-l. leucine, bleu noir foncé ; d. alanyl-l. leucine, bleu très foncé.

Ainsi tous les polypeptides examinés se sont comportés d'une manière analogue. Il y a cependant une évidente spécificité surtout marquée dans le cas des diglycylglycine (violet gentiane), glycyl-d. alanine (vert bouteille), l'alanyl-glycylglycine rouge violacé avec dichroïsme.

D'autre part l'intensité de la réaction avec l. leucyl-l. leucine comparée avec celle fournie par l. leucine montre que les groupes NH_2 et COOH libres ne sont pas les seuls à réagir. Au moins au début, chaque peptide présente une allure caractéristique soit en ce qui concerne la teinte soit pour ce qui est de la vitesse de la réaction.

Comment se comporterait le benzoylglycocolle $C_6H_5CO\,NH\,CH_2COOH$, l'acide hippurique. De même que pour les acides glutamiques et aspartiques le résultat est négatif. Mais si on neutralise l'acide par le bicarbonate de soude, une faible réaction rose apparaît parfois (?)

Action sur les peptones

Il est impossible actuellement de définir exactement ce qu'on entend sous ce nom de peptones. Ce sont des produits de l'hydrolyse des matières protéiques sous l'influence des ferments protéolytiques : pepsine-acide chlorhydrique ; trypsine, etc. Elles ne fournissent directement ni la réaction de la tyrosine ni celle du tryptophane. Ces deux corps n'apparaissent que lorsque, au cours de la digestion trypsique, les polypeptides respectifs ont été dégradés et ces deux acides aminés mis en liberté. Mais la réaction de Harlay qui est spécifique pour les polypeptides à tyrosine comme nous l'avons montré en 1907, décèle déjà au stade peptone un polypeptide relativement simple. On sait d'autre part que les peptones ne sont pas des corps définis, mais des mélanges variables desquels on a, par précipitation fractionnée, séparé des portions, auxquelles on a donné le nom d'albumoses, de protéoses primaires et de protéoses secondaires et enfin de kyrines ou peptones proprement dites.

Nous ne pouvons faire ici la monographie des peptones ; il est bien certain que ce ne sont pas des corps définis et que les ferments protéolytiques qui les ont produites ont attaqué les matières protéiques initiales en les désagrégeant non pas d'une manière uniforme mais en les décomposant en portions de complexité diverse, les unes encore voisines des protéines initiales, les autres à la limite des polypeptides définis, les autres intermédiaires. Il faudrait donc isoler de ces mélanges des combinaisons définies. Mais à défaut de combinaisons chimiques constantes on a reconnu, d'après leur degré de solubilité dans les solutions concentrées de sels neutres (sulfate d'ammonium, sulfate de magnésium, chlorure de sodium) des complexes

auxquels on a donné les noms d'albumoses, quand elles sont insolubles dans les solutions salines concentrées et de peptones proprement dites quand elles sont compatibles avec ces solutions saturées.

Nous ne pouvions séparer nos peptones en fractions nombreuses et nous nous sommes bornés à en séparer deux albumoses. On dissout 30 gr. de peptone (Siegfried, Zofingen) dans 300 gr. d'eau; on ajoutait 100 gr. de chlorure de sodium. Il se fait une séparation d'une masse gommeuse facile à recueillir, à presser et à sécher que nous désignerons sous le nom d'albumose I. Une nouvelle addition de chlorure de sodium sépare une nouvelle portion d'albumose II qui présente les mêmes caractères.

Exp. —	Albumose I	0,025	Albumose II...........	0,025
	Eau	2,5	Eau..................	2,5
	Tyrosinase	1	Tyrosinase............	1
	p-Crésol.........	1	p-Crésol	1

L'albumose II réagit la première; la couleur rouge saumon est visible au bout d'un quart d'heure, puis apparaît la teinte dans l'autre éprouvette. Deux heures après (en présence de chloroforme) on voit que albumoses II et I sont rouge tuile, mais le N° II est plus vivement coloré. Vingt-quatre heures après dans albumose II, le fond de l'éprouvette est vert, la surface rouge intense; dans albumose I, on distingue à peine une teinte olive du fond.

Deux essais identiques sans p-crésol n'ont fourni, dans les mêmes conditions, aucune coloration; les deux solutions sont restées incolores et limpides. Par conséquent ces fractions de peptonisation, les albumoses I et II ne donnent point la réaction de Harlay. Il y a donc lieu de supposer que les peptides à tyrosine que nous avons reconnu le premier comme cause de cette réaction du vert peptique ne sont pas assez dégagés des polypeptides complexes pour donner directement une réaction vis à-vis de la tyrosinase. L'inversion très nette à la couleur vert-herbe donnée par l'albumose II, provient donc de polypeptides complexes qui ne se comportent ni comme le tyrosine anhydride, ni comme le glycyl-tyrosine anhydride, ni comme le

glycyl-l-tyrosine étudiés par nous, non plus que comme les autres peptides à tyrosine étudiés par Abderhalden et Guggenheim, lesquels réagissent directement vis-à-vis de la tyrosinase ainsi que nous l'avons montré le premier.

A la même concentration et dans les mêmes conditions la peptone non fractionnée, donne successivement une coloration rouge qui vire facilement au bleu le lendemain.

Encore ici la peptone traitée par le ferment oxydant sans p-crésol réagit à peine et 24 heures après le liquide est encore limpide et sans coloration appréciable.

Nous avons alors traité cette peptone par la pancréatine ($^{0,10}/_{250}$) que nous avons laissé agir pendant plusieurs jours (4). Alors la différence saute aux yeux, soit pour ce qui est de la vitesse du rougissement soit pour ce qui est du bleuissement qui est rapide (24 h.) et définitif.

Cette différence est encore plus frappante si nous comparons les peptones et leurs albumoses (ou leurs produits ultérieurs de protéolyse) avec les matières protéiques natives comme l'ovalbumine, l'édestine-globuline ou la gélatine (glyco-protéide neutralisé). Comme d'habitude on compare la vitesse avec celle fournie par un acide aminé comme le glycocolle ou la glutamine. Aux mêmes concentrations $^{1}/_{250}$, le rougissement commence par glycocolle et peptone (Siegfried); il y a un grand retard en ce qui concerne la glutamine, mais 18 heures après on a les solutions suivantes : Peptone Witte : rouge assez foncé — peptone Siegfried : bleu vert clair dans la profondeur, rouge à la surface — ovalbumine : rouge brique pâle — gélatine : idem — édestine en solution saline : rose framboise — glutamine : bleu roi caractéristique plus intense que la couleur fournie par glycocolle.

Il faut donc bien se garder de juger seulement au degré de rapidité du rougissement mais attendre que les teintes se soient établies avec leur rougissement maximum et finalement l'inversion au vert ou au bleu.

Il importe de retenir aussi que l'opinion des physiologistes paraît fondée, qui ont considéré que, dans les différentes phases de la protéolyse, les produits moins solubles en présence des solutions salines c'est-à-dire les albumoses, protéoses de première, deuxième et troisième précipitation sont aussi des corps

ou des mélanges de corps moins dégradés; partant d'observations faites à partir de polypeptides et de peptides synthétiques E. Fischer, Abderhalden, etc. ont critiqué ces résultats. On ne peut nier que la solubilité ou l'insolubilité soient, pour ces corps, tout à fait indépendantes de leur complexité relative et qu'elle dépende bien plutôt de la nature des peptides associés (l-tyrosine, cystine, tryptophane[1]).

Néanmoins notre réactif montre qu'avec l'insolubilité, en présence des sels, diminue l'intensité de la réaction et que cette dernière est la plus faible en présence des corps protéiques proprement dit lesquels sont précipités par les sels.

Sous quelle forme les peptides, reconnus matériaux de constitution des matières protéiques, se combinent-ils dans les matières complexes, les protéines natives. La méthode de Sörensen, par laquelle on détermine en saturant les groupes libres NH_2 au moyen du formaldéhyde et en produisant un dérivé méthylénique NCH_2, l'acidité manifestée par les COOH des chaînes libres des polypeptides, puis la méthode de Siegfried par laquelle l'acide carbonique en présence de sels de calcium vient former des

$$\begin{array}{l} R-N<^{H}_{H} \\ | \\ COOH \end{array} + CO_2 = \begin{array}{l} R-N<^{H}_{COOH} \\ | \\ COOH \end{array}$$

$$\begin{array}{l} R-N<^{H}_{COOH} \\ COOH \end{array} + Ca(OH)_2 = \begin{array}{l} R--N<^{H}_{CO.O} \\ COO-Ca\diagup \end{array} + 2H_2O.$$

réaction qui réussit aussi avec les peptones du sérum. ces méthodes jointes à la nôtre confirment qu'avec l'augmentation du poids moléculaire des polypeptides le nombre des groupes libres NH_2 et COOH diminue.

Faut-il dès lors admettre que dans la molécule des protéides se forment des anhydrides cyliques. Nous avons montré que la dicéto-pipérazine, l'anhydride cyclique du glycylglycine ne fournit pas notre réaction. E. Fischer admet[2] l'existence de corps pipéraziques dans les albumines.

[1] Voir sur cette question : Abderhalden, *Lehrbuch der phys. Chemie*, II Ed. pg. 255.

[2] E. Fischer, Aminosäuren, Polypeptide und Proteine, pg. 80 et 424.

Nous avons déjà indiqué dans notre article IV, l'exception fournie par la dicéto-pipérazine[1]. On a au cours de la protéolyse, isolé de ces anhydrides par exemple glycyl-d-alanine anhydride (soie).

Nous avons essayé l'action de la pepsine-acide chlorhydrique (HCl 2.5 °/₀₀) sur le glycylglycine anhydride. Non seulement il n'y a pas rupture de la chaîne fermée, ce que nous aurions reconnu (après neutralisation) par la réaction si caractéristique du glycyl-glycine, mais il y a même inhibition du réactif vis-à-vis des groupes amino-acides du ferment pepsine, lequel en l'absence de glycine anhydride fournit la réaction rouge avec intensité. A ce propos nous avons remarqué que l'acide chlorhydrique à froid et à cette concentration opère cependant une hydrolyse très appréciable du dicétopipérazine, ce qu'on peut mettre en évidence après neutralisation par notre réactif qui se colore assez rapidement en rouge. Une solution de carbonate de soude N a le même effet quoique plus affaibli. E. Fischer a montré que les alcalis dilués à froid opèrent cette hydrolyse (l. c. 31). On serait tenté de supposer que la diminution de réactivité des protéines natives complexes pourrait être due à la fermeture des chaînes de polypeptides. Mais l'inactivité de la pepsine-acide chlorhydride nous avertit d'être prudent. Si la transformation des complexes protéiques en albumoses et en peptones effectuée par la pepsine-acide chlorhydrique consiste en une rupture de chaines cycliques, alors l'incapacité de la pepsine à briser l'anneau pipérazique devrait être expliquée par une spécificité. C'est un sujet difficile et à peine abordé.

La réaction bien connue du Biuret (alcali-cuivre) s'expliquerait pour les protéines, par la facilité avec laquelle, même à froid, l'alcali rompt la chaîne pipérazique des anhydrides. J'ai montré plus haut que de même que l'acidité, la faible alcalinité du carbonate de soude suffit pour ouvrir l'anneau du dicétopipérazine.

[1] Les pipérazines font également exception en ce qui concerne la réaction à chaud en présence de l'oxyde de cuivre (solution bleue violette) que donnent les vrais acides aminés (V. Plimmer, *l. c.* II 41 et Fischer, *l. c.*, 49).

« Diese überraschend leichte Aufspaltung des Diacipiperazinrings durch verdünntes, kaltes Alkali gibt auch einen neuen Gesichtspunkt für das Studium der Proteinstoffe. Denn ihre vollständige Hydrolyse durch Fermente in schwach alkalischer Lösung bis zu den einfachen Aminosäuren kann jetzt nicht mehr als Grund gegen die Annahme von Diacipiperazinringen im Moleköl angesehen werden » E. Fischer l. c. 424. Aminosäuren, Polypeptide u. Proteine.

De même, notre essai avec HCl dilué à froid fait peut-être comprendre le rôle de l'acidité dans la préparation à la protéolyse par les pepsines. L'acide chlorhydrique dilué rend par la rupture des anhydrides cycliques plus aisée l'hydrolyse ultérieure par les ferments.

Le réactif et les protéines.

J'ai étendu ces recherches à quelques protéines naturelles : l'ovalbumine, la gélatine (un glycoprotéide) l'édestine (globuline des semences de chanvre) et la caséine du lait. Toutes en solution de $^1/_{250}$ fournissent une réaction rouge qui persiste sans changement sinon une augmentation d'intensité.

On dissout 1 gr. de gélatine dans 250 gr. d'eau, on neutralise exactement par le bicarbonate de soude. D'autre part nous avons ajouté 0,10 gr. de trypsine (Merck) à la solution de gélatine. On sait que parmi les produits de l'hydrolyse de cette protéine manquent la tyrosine et le tryptophane (analyse de la gélatine : glycocolle 16,5 ; alanine 0,8 ; acide amino-valérianique 1,0 ; leucine 2,1 ; serine 0.4 (acide d. amino-β-oxypropionique) ; acide aspartique 0,56 ; acide glutamique 0,88 ; lysine 2,75 ; arginine 7,62 ; phénylalanine 0,4 ; proline 5,2 ; oxyproline 3,0 ; histidine 0,4).

Il n'y avait donc pas à craindre qu'au cours de la peptolyse, la tyrosine détachée assez tôt, comme l'on sait, des peptones ou les peptides à tyrosine, viendraient par des réactions particulières modifier le résultat des expériences.

L'expérience a duré quinze jours. La gélatine additionnée d'une même quantité de trypsine tuée par la chaleur, dans les mêmes conditions fournit avec notre réactif une réaction rouge

qui passe au brun rouge avec le temps. Dès le premier jour l'intensité de coloration est beaucoup plus forte pour la gélatine en peptonisation. Avant d'ajouter le p-crésol et le ferment oxydant, on a soin de faire bouillir la solution de gélatine fermentée pour suspendre l'action de la trypsine. Cette dernière n'empêche pas, il est vrai, l'action de la tyrosinase, mais la coloration est alors plus lente à venir.

	A	B	C
Solution de gélatine peptonisée.	1	2	4
p-Crésol	1	1	1
Tyrosinase....................	1	1	1

A rougit immédiatement ; le retard est considérable pour les autres. Vingt-quatre heures après A est bleu (un peu verdâtre) très foncé du type crézol-azur. En diluant on aperçoit très bien le dichroïsme caractéristique. B, est vert olive et devient de plus en plus vert. C, est devenu vert pâle jaunâtre après avoir été rouge. On voit clairement l'influence de la concentration du ferment, insuffisant dans B et C. Dans les mêmes conditions la gélatine neutralisée, additionnée de trypsine bouillie ne fournit qu'une coloration rose-jaune.

Avec l'ovalbumine la protéolyse marche plus vite. Un essai préliminaire en parlant de 4 cm³ d'ovalbumine ($^1/_{250}$) 1 cm³ de tyrosinase et 1 cm³ de p-crésol ($^1/_{250}$) fournit avec notre réactif une belle coloration rouge brique claire alors que dans les mêmes conditions la peptones (Witte ancienne) donne une coloration rouge foncé et la peptone (nouvelle) une coloration bleu-pâle avec surface rouge olive quand on mélange les deux teintes.

Le produit de digestion donne dès le second jour une coloration vert bouteille caractéristique très semblable à celle qui s'observe dans les mêmes conditions pour le glycyl-d.alanine. Pour autant que nous pouvons le dire les polypeptides qui fournissent une coloration vert bouteille précèdent dans l'hydrolyse ceux qui amènent au crésol-azur avec dichroïsme. Ce dichroïsme n'est pas toujours visible ; il faut alors diluer fortement le liquide. Alors la couleur propre n'étant plus visible on remarque mieux l'étonnante fluorescence du crésol-azur.

Plus la peptolyse augmente plus la coloration bleue finale est intense et franche.

Ce sont des résultats tout à fait comparables à ceux obtenus à partir des micro-organismes.

L'édestine[1] extraite des graines de chanvre est une globuline que l'on peut obtenir à l'état de grande pureté. Il était donc intéressant de constater que ce produit purifié réagit nettement lorsqu'on le dissout dans des solutions faibles de Na Cl

$$\underset{|\text{——COOH}}{R - N{<}^{H}_{H}} + NaCl = \underset{|\quad COOH}{R - N \begin{smallmatrix} \diagup H_2 \\ \leftarrow Na \\ \diagdown Cl \end{smallmatrix}}$$

Notre réactif se prête aussi pour déceler de faibles modifications dans la composition d'une albumine. Il a été dit plus haut que la caséine du lait donne la réaction. Si on prépare deux éprouvettes contenant chacune deux centimètres^3 du même lait, le premier frais, le second bouilli et qu'à l'un et à l'autre on ajoute 0,5 p-crésol et 1 cm^3 tyrosinase, le lait non bouilli est le premier à réagir (5'-10' avant l'autre) et l'intensité se maintient longtemps différente. Il semblerait donc que par la cuisson la caséine passerait partiellement à l'état d'un anhydride moins susceptible de réagir que la caséine naturelle. Le contraire a lieu sous l'influence de la présure. Dans tous les cas, en laissant se prolonger l'action du ferment en parfaite asepsie, la teinte vire au vert dans le fond de l'éprouvette. C'est une recherche à continuer.

J'ai aussi examiné les pepsines du commerce quant à leur réaction vis-à-vis de notre ferment. Toutes ont donné une coloration rouge[2]. Les nombreuses recherches sur la nature des pepsines n'ont amené à aucun résultat positif sinon que plus d'un des caractères des matières protéiques se maintient même dans la pepsine la plus purifiée. (C 52 ; H 7 ; N 14,3 ; S 1,65[3]).

Si l'on a pas soin de tuer au préalable la pepsine par l'ébullition, le rougissement du début disparaît. Il va sans dire que cette réaction nous dit simplement que la pepsine est accompagnée d'une matière protéique. Cette dernière pourrait s'y trouver comme impureté.

[1] Edestine du Dr Gärtner, Halle a. d. S.

[2] Pepsinum purum Ph. Brit (Merck), Pepsinum pur, Ph. Austr. Hung., Pepsinum germanicum plane solubile (Witte). Pepsinum in lamellis.

[3] Oppenheimer, *Fermente III*, Ed., fig. 259.

J'ai ensuite traité 1 gr. de « pepsinum pur. in lamellis » par la trypsine; la différence qui se marquait au début par les intensités inégales fournies par les pepsines peptonisées et l'essai contrôlé (trypsine bouillie) se traduit au bout de quinze jours par un verdissement rapide dans l'essai fermenté. Selon les quantités en présence et selon le temps la coloration finale va de l'olive au bleu vert.

Notre réactif pourra donc servir à déceler, à côté des ferments, les peptides et polypeptides qui les accompagnent comme impuretés ou qui, très probablement les constituent en dernière analyse. Si l'on ne parvient pas à obtenir un ferment sans qu'il donne cette réaction, notre idée que les ferments sont des peptides ou polypeptides à structure spécifique sera étayée sur une analyse inéquivoque.

Les pigments organiques et les phénols-tyrosinases.

Nous venons de voir que les différentes matières protéiques albumines, globulines, caséine, glycoprotéine et leurs produits de dégradation : albumoses I et II, peptones et I et II, polypeptides et peptides fournissent avec notre réactif des colorations allant du rouge au bleu, du jaune au vert, du bleu au violet. Toutes ces matières colorantes sont solubles dans l'eau et sont plus ou moins dichroïques lorsqu'elles ont passé du rouge au bleu. Parmi les pigments des végétaux et des animaux il en est d'azotés et de non azotés. Je ne m'arrêterai qu'aux premiers. Ces pigments sont les uns solubles dans l'eau, les autres insolubles.

Deux de ces pigments la chlorophylle et l'hématine sont des dérivés de l'indol ou du pyrrol. Comme ces deux corps apparaissent au cours du métabolisme chimique il y avait lieu d'examiner l'action du ferment et du phénol sur ces corps. Dans beaucoup de fermentations produites par des bactéries putréfiantes ou autres il se produit aux dépens des protéines, par réductions suivies d'oxydations normales ou intramoléculaires, des corps cycliques désamidés dérivant du tryptophane,

tels que scatol et indol. *(Bacillus coli, Bac. saprogenes, Bac. tetani, B. vulgaris* [1]*).*

Sans doute l'indol n'est pas un acide aminé; on pouvait s'attendre à ce que, s'il réagissait, il le ferait d'une manière différente des acides aminés.

```
        CH                          CH
      //  \                       //  \
    HC     C——CH                HC     C——C.CH3
    |      ||   ||              |      ||    ||
    HC     C    CH              HC     C     CH
      \\  / \  /                  \\  / \   /
       CH    NH                    CH    NH
        Indol                     Méthyl-indol
```

On prépare une solution aqueuse saturée à chaud d'indol.

Exp. —	Indol......	3 cm^3
	p-Crésol...	1 cm^3
	Tyrosinase.	1 cm^3

Bientôt on voit apparaître une coloration bistre; si on agite l'éprouvette on remarque une mousse bleue. Le liquide se trouble et au bout d'une heure on constate le dépôt de fines aiguilles bleu foncées avec dichroïsme rouge. On peut extraire ce corps au moyen de l'éther ou du chloroforme dans lesquels il se dissout avec une belle couleur rouge cerise. Ce corps, insoluble dans l'eau, se dissout dans l'alcool, le toluol, l'éther, le chloroforme. Il est peu stable et s'oxyde quand on le laisse à l'air.

Le scatol, ou méthyl-indol, dans les mêmes conditions, ne fournit aucune coloration. On conçoit dès lors que le tryptophane ne réagisse pas plus que le scatol par son noyau indol, mais seulement par sa chaîne latérale alanine.

Cette réaction très délicate et inéquivoque de l'indol pourra être utilisée avec succès dans l'analyse délicate des produits de la protéolyse par les bactéries. Il suffira de distiller le liquide et de rechercher l'indol dans le distillat au moyen de notre réactif.

Nous nous sommes assurés d'autre part que l'addition d'indol à un acide aminé n'entrave pas les réactions dont il a été question.

[1] Löhnis, *Allg. Mikrobiologie*, fig. 513.

Cette première synthèse d'un pigment insoluble pourra suggérer d'autres essais tendant à reproduire artificiellement les pigments naturels ou leurs dérivés tels que chlorophylle, hématine, etc.

Quant au crézol-azur et les autres colorants solubles obtenus dans les réactions indiquées, ils sont de nature à éclairer la question si débattue de l'origine de plusieurs pigments naturels. Rappelons que pour qu'il y ait coloration il faut : un phénol et de la tyrosinase, deux conditions qui sont souvent remplies durant le métabolisme. Ce dernier consiste en une continuelle dégradation des corps protéiques complexes pour souder autre part les matériaux indifférents qui en dérivent en une nouvelle matière protéique. On peut aussi, pour ces réactions, utiliser le phénol, la pyrocatéchine, etc. Nous avons plus particulièrement étudié le phénol et la pyrocatéchine. Cette dernière donne avec la tyrosinase seule dans les mêmes conditions une coloration jaune qui passe au vert ; en présence du glycocolle : rouge qui vire au violet ; glycyl-d-alanine, rouge puis bleu magnifique avec dichroïsme ; glutamine rouge puis brun olivâtre, etc. On voit que en changeant de phénol on obtient des jeux de couleurs variées.

Il y a donc là une méthode générale pour la production de matières colorantes nouvelles. Le crézol-azur en particulier a un pouvoir chromogène énorme. Si on suppose que tout le crésol aurait été transformé (ce qui est manifestement exagéré) et que partant de cette donnée on dilue le pigment on remarque que le dichroïsme est encore visible sans aucun artifice à des dilutions de $^1/_{5000000}$ à $^1/_{10000000}$. Le crésol-azur est une matière colorante qui prend directement sur soie, laine, laine mordancée, coton au tannin, au thorium, au zircone, etc. (d'après M. le Dr F. Reverdin).

Mais ce qui nous intéresse ici c'est la production de pigments solubles dans l'eau et de matières insolubles, produits ultimes de cette réaction, les mélanines. Si la concentration du ferment est grande la plupart des réactions aboutissent à la formation d'une matière charbonneuse humique. On la connaît dans l'oxydation de la tyrosine. On sait que la pigmentation épidermique de certains animaux, de leurs poils et n'a pas d'autre origine.

Nous avons vu que des colorations variées résultent de l'action de divers acides aminés, polypeptides ou protéines comme aussi de la présence de phénols divers.

Parmi les pigments qui semblent appartenir à une classe de corps analogues à celle formée par les amino-chromocrésols ou amino-chromo-phénols il faut citer les pigments solubles des Algues et plus particulièrement des Cyanophycées et des Rhodophycées. Nous pensons que ces pigments phycocyanine et rhodophycine ont une origine analogue à celle de nos amino-chromo-crésols, soit par l'action de la tyrosinase sur des peptides à tyrosine soit par la combinaison de ce dernier avec les produits du métabolisme chimique, parmi lesquels peuvent se rencontrer des phénols, le p-crésol, les peptides et polypeptides, l'indol et l'acide pyrrolidique carbonique.

De même, dans la production du pigment fabriqué par le *Pseudomonas pyocyaneus* (pus bleu), lequel est soluble dans l'eau et dans le chloroforme. D'après Gessard[1] ce pigment est une base précipitable par les réactifs des alcaloïdes ; ses combinaisons avec les acides sont rouges et ne se dissolvent plus dans le chloroforme ($C_{14}H_{14}N_2O$). On sait que cette bactérie, selon les circonstances, fournit un corps rouge-jaune ou noir du type des mélanines. On a d'ailleurs reconnu l'existence de la tyrosinase dans les cultures de ce microbe. Thumm[2] a également étudié un pigment bactérien de la nature des protéines. Il y a dans cette direction et par notre méthode d'intéressantes recherches à faire. Nous les avons commencées dans notre laboratoire. Il est probable que la tyrosinase secrétée par ces bactéries agit sur les produits de la dégradation des matières protéiques, polypeptides à tyrosine. etc. On sait aussi que cette espèce, le *Pseudomonas pyocyaneus* dégrade la gélatine avec intensité et va jusqu'à la désamidation complète des acides aminés[3].

Quant à la phycocyanine elle est soluble dans l'eau, après la mort de la cellule. Chez les Cyanophycées, selon les circonstances, ce pigment peut prendre toutes les teintes imaginables

[1] Thèse Paris 1882. N° 248.

[2] *Arbeit. bakt. Instit. Karlsruhe* 1895. 1. 291. ex Löhnis, Allg-Mikrobiologie p. 784.

[3] *Ber. Chem. Ges.* 1902. 700. Emmerling et Reiser.

(bleu, vert, orange, rouge, violet, noir). La solution aqueuse est en transparescence d'un bleu magnifique avec dichroïsme rouge carmin. Molisch[1] rattache ce pigment aux albumines. Il est précipité par un excès de sulfate d'ammonium et se présente alors comme une poudre cristalline.

A ce sujet, on peut faire remarquer que le fait d'être précipité de ses solutions aqueuses par un excès de sels neutres n'est pas une raison suffisante pour ranger la phycocyanine parmi les corps protéiques. Il se pourrait que dans cette précipitation une matière protéique colloïdale entraînât le pigment par une action de surface. C'est une objection déjà faite. Ainsi par exemple notre crésol-azur n'est précipité ni par le tanin ni par l'acétate neutre de plomb, mais si à sa solution on ajoute du tanin et qu'ensuite on précipite ce dernier par l'acétate de plomb, le crésol-azur est entraîné. De même si on ajoute de l'ovalbumine à une solution de crésol-azur rien ne se passe de visible; mais en saturant cette double solution par le sulfate d'ammonium le pigment est entraîné par l'albumine précipitée.

Comme la phycocyanine, le crésol-azur résiste aux acides et aux alcalis.

Le spectre d'absorption de la phycocyanine, d'après Engelmann, montrerait une bande entre C et D (λ. 0,620 μ.) qui persiste encore à D et diminue vers E pour augmenter depuis cette région. Notre pigment crésol-azur fournit aussi une bande entre C et D.

La rhodophycine[1] est aussi un pigment qu'on dérive des albumines. Des recherches ultérieures montreront si parmi les rouges nombreux obtenus par notre méthode à partir des albumines ou de leurs dérivés, en présence d'un phénol et du ferment, il en est qui correspondent aux données chimiques et physiques décrites pour ce pigment.

Ainsi les albumines, les peptones, les polypeptides, les peptides et même l'indol, tous produits de l'hydrolyse des matières

[1] *Bot. Zeit.* 1895, p. 131 ; id. Untersuchung. über das Phycocyan, Sitzber. K. K. Akad. der Wiss. Wien, *Math. Natur. Kl.* Bd. cxv. Abt. 1. 795.

[1] Hanson, E. H. Phycoerythrin, *New Phytologist*, 1909, vol. VIII, p. 337.

protéiques sont susceptibles de fournir en présence des phénols ou aussi de leurs peptides à tyrosine sous l'influence du ferment tyrosinase des pigments solubles dans l'eau ou insolubles dans ce solvant. Ceci est de nature à nous servir de guide dans la synthèse progressive des pigments naturels à partir des acides aminés, de la proline, de la tyrosine, du tryptophane et de l'indol. Il en sera probablement de même de l'indigo et d'autres matières colorantes végétales dont l'origine à partir de l'albumine est très probable.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

tenue à Berne le 9 mars 1912

Président : M. le Prof. J. de Kowalski (Fribourg)
Vice-Président : M. le Prof. Pierre Weiss (Zurich)
Secrétaire : M. le Prof. H. Veillon (Bâle)

P. Weiss. Rapport sur la publication des œuvres de Ritz. — Albert Perrier et H. Kamerlingh Onnes. Sur les nouveaux appareils cryomagnétiques du laboratoire de Leyde. — P. Gruner. Rapport sur la dernière discussion concernant le principe de relativité et l'éther. — M. Plancherel. Sur l'incompatibilité de l'hypothèse ergodique et des équations d'Hamilton. — E. Guillaume. Les équations de l'électrodynamique et les machines à collecteur. — P. Debye. Les particularités des chaleurs spécifiques à basse température. — Paul Habicht. Essai de démonstration avec le multiplicateur de potentiel d'après Einstein. — E. Le Grand Roy. Variations du baromètre pendant la tempête. — Le même. Hauteur de l'atmosphère déduite des éclipses de lune. — Albert Perrier et H. Kamerlingh Onnes. Sur la susceptibilité initiale aux très basses températures. — Renger. La susceptibilité initiale en fonction de la température. — P. Weiss. Sur le paramagnétisme des cristaux. — A. Piccard. La susceptibilité magnétique de l'eau. — J. de Kowalski. Sur un cas de dichroïsme artificiel. — Le même. Influence de la température sur les spectres d'absorption de composés aromatiques. — Joye. Spectres de réflexion de terres rares. — R. Fortrat. Une loi approchée de quelques bandes spectrales. — Ratnowski. Sur l'équation d'état des corps solides et l'hypothèse des quanta.

Partie administrative

La séance d'hiver de la Société suisse de physique a réuni à Berne une quarantaine de membres de la Société.

M. le prof. P. Weiss, de Zurich, rend compte des questions concernant la publication des œuvres du regretté W. Ritz. Les comptes rendus des journaux scientifiques sur cette publication, ainsi que les lettres adressées à la Société par différents savants

étrangers, sont une preuve indiscutable que la Société suisse de physique était bien inspirée en entreprenant cette publication. C'est au dévouement de M. Weiss, qu'on doit la réussite de cette œuvre et M. Sarasin a bien voulu en quelques paroles éloquentes lui exprimer la gratitude de la Société. On discute ensuite la proposition de M. de Kowalski (Fribourg), touchant l'établissement d'une commission pour l'étude de l'électricité atmosphérique. Une commission pour des études sur l'électricité atmosphérique a été constituée par les Académies allemandes, réunies à Göttingen, au mois de juin 1911. Cette commission a décidé de faire, d'après un schéma déterminé, des observations à date fixe. M. Riecke, président de la commission suggéra l'idée qu'il serait intéressant d'étendre ces observations à tout le continent européen. Les observations dans la région des Alpes étant particulièrement intéressantes, il demanda au président de la Société suisse de physique, si celle-ci ne voudrait pas s'occuper de l'organisation de ces observations. M. de Kowalski croit que l'initiative à prendre par la Société devrait consister en une demande faite par la Société auprès du sénat de la Société Helvétique des Sciences naturelles en la priant de constituer une nouvelle commission permanente pour l'étude de l'électricité atmosphérique. Cette proposition, appuyée par M. E. Sarasin, président central de la Société Helvétique des Sciences naturelles, est adoptée.

Le bureau de la Société de physique est chargé de faire le nécessaire auprès du sénat de la Société Helvétique.

Le nombre des membres de la Société s'élève à 78, savoir 59 membres ordinaires et 19 extraordinaires. Sont compris dans ces chiffres nos trois membres honoraires.

L'état de la Caisse se solde par un actif de fr. 491.36. Sur la proposition du secrétaire-trésorier, M. H. Veillon, il est décidé d'adjoindre au bureau deux membres vérificateurs des comptes, élus à nouveau pour chaque période présidentielle de deux ans. Sont nommés pour ces fonctions M. le Dr Ed. Sarasin et M. le Prof. A. Hagenbach. La vérification des comptes se fera désormais tous les deux ans, au renouvellement du bureau.

M. P. Weiss présente le bilan de la publication des œuvres de Ritz. La dépense totale s'est élevée à fr. 2838.70. Elle a été couverte par un versement de fr. 466.90, fait par Mme Ritz, par une somme de fr. 1000, allouée par le Conseil de l'Ecole polytechnique, fr. 1039.50, versés par les membres de la Société souscripteurs, fr. 150, ajoutés à cette souscription par la Société elle-même, conformément à la décision prise à la séance du printemps 1910 à Neuchâtel, et enfin fr. 182.35 d'intérêts des sommes déposées à la banque.

L'emploi des 104 volumes fournis par Gauthier-Villars a été le suivant : 23 volumes remis à Mme Ritz, 42 volumes offerts aux sociétés savantes et personnalités scientifiques par la Société ou par les souscripteurs, 39 volumes adressés aux souscripteurs. Le dossier concernant cette publication est déposé entre les mains du secrétaire de la Société suisse de Physique.

La marche de cette opération a donc été des plus satisfaisantes. Grâce à la forte subvention du Conseil de l'Ecole polytechnique et à l'accueil généreux qui a été fait à la souscription au sein de notre Société, il a été possible de réduire fortement la charge que cette publication imposait à Mme Ritz.

Mais il convient de rappeler que, au début de cette entreprise, Mme Ritz était prête à couvrir toute la dépense et avait dès lors assuré son succès.

H. Kamerlingh Onnes et Albert Perrier. *Sur les nouveaux appareils cryomagnétiques du laboratoire de Leyde.*

M. Albert Perrier expose le plan général des appareils que M. Kamerlingh Onnes et lui ont installés à Leyde pour l'étude d'ensemble du *magnétisme faible aux très basses températures*. Après quelques détails sommaires sur les appareils ayant servi aux recherches sur l'oxygène, il passe à la description de la construction la plus récente.

Cette dernière utilise la mesure de la force exercée par un électro-aimant sur une substance en essai et elle est disposée de telle sorte que l'on peut se servir, sans modification à l'appareil, soit d'échantillons de petites dimensions et de forme globulaire, soit de barreaux allongés. L'équipage mobile, l'organe principal, est une longue tige rigide verticale, supportée par deux flotteurs immergés dans du mercure : il constitue une sorte d'aréomètre à qui deux ressorts spiraux plats ne permettent que des déplacements verticaux. Les forces magnétiques sont équilibrées par l'action mutuelle de deux bobines sans fer, dont l'une est calée sur l'équipage. Le repérage en ordonnée s'obtient par visée microscopique. Les flotteurs sont prévus pour suffire aussi à l'amortissement des oscillations (provoquées par les trépidations du sol et l'ébullition des bains) et à la compensation des variations de poids qu'entraîne pour l'équipage la diminution progressive du niveau des bains. Tous ces organes sont placés dans une enceinte parfaitement étanche permettant en particulier le travail sous toutes les pressions inférieures à celle de l'atmosphère sans aucun risque de rentrée d'air. La chambre étanche, un corps de révolution coaxial avec l'équipage mobile, est divisée à mi-hauteur par des écrans thermiques en un compartiment cryogénique et un compartiment à température ordinaire.

L'installation se prête à l'étude des gaz liquéfiés et solidifiés aussi bien qu'à celle des solides pulvérisés ; elle permet l'élimination complète de tous les effets magnétiques parasites des porte-substances et des bains. La description détaillée est réservée à une publication ultérieure.

P. Gruner. *Rapport sur la dernière discussion concernant le principe de la relativité et l'éther.*

La théorie de la relativité, telle qu'elle a été formulée par M. Einstein en 1905, donne une série de conséquences plus ou moins paradoxales, dont nous ne citerons que les suivantes :

a) Un corps rigide en mouvement rectiligne uniforme paraît toujours raccourci dans la direction du mouvement.

b) Une horloge en mouvement rectiligne uniforme, réglée d'après les principes de la relativité, paraît marcher plus lentement que des horloges correspondantes en repos.

c) La vitesse de la lumière est la vitesse maximum qui puisse être atteinte par un corps ou par un signal quelconque ; sinon il y aurait possibilité de produire des effets antérieurs à leurs causes, c'est-à-dire de « télégraphier dans le passé ».

d) La notion de l'éther, comme représentant l'espace absolu dans le repos absolu, perd sa valeur et devient une hypothèse complètement superflue (Campbell et Einstein).

C'est cette dernière conséquence qui a été relevée récemment par M. Wiechert[1], pour démontrer que le principe de la relativité lui-même est relatif. Malgré l'opposition des MM. Laue et Campbell[2], les arguments de M. Wiechert conservent leur importance.

M. Wiechert défend la thèse du principe de la relativité relatif (bedingtes Relativitätsprinzip), d'après lequel il existe une substance absolue, différente de la matière, l'éther, qui lui-même, par sa réaction sur les mouvements de la matière, produit les phénomènes exprimés par la théorie d'Einstein. Si d'ailleurs ces mouvements dépassent une certaine limite (la vitesse de la lumière), ces équations doivent tomber en faute et il devra se produire des phénomènes encore complètement inconnus.

Dans sa démonstration, M. Wiechert introduit une conception nouvelle : la *marche* (die Schreitung) d'un système matériel, par laquelle il entend le mouvement absolu de ce système en contraste avec son mouvement relatif à un autre système matériel.

Considérons seulement deux points essentiels des déductions de M. Wiechert :

1. Si un corps K obtient une vitesse égale à celle de la lumière,

[1] *Physikal Zeitschrift.*, 12, p. 681 et 737, 1911.

[2] *Physikal Zeitschrift*, 13, p. 118 et 120, 1912.

et si — comme il faut l'admettre — les formules d'Einstein correspondent aux observations, cette vitesse paraîtra être la même, quel que soit le système de coordonnées (de l'espace et du temps) auquel cette vitesse est rapportée. Tous ces systèmes, si divers soient-ils, avec des vitesses relatives très différentes, verront le corps K se mouvoir avec la même vitesse. En plus — aussi d'après les lois d'Einstein —, les observateurs de tous ces systèmes verront le corps K absolument aplati et les phénomènes qui pourraient se produire sur lui leur paraîtront à tous absolument stationnaires. Il faut donc bien que cette vitesse ait une signification absolue, elle est la « marche limite » (Grenz-schreitung) qui indique justement la limite absolue du principe de relativité. Il paraît donc très plausible d'admettre une cause absolue, hors de la matière en mouvement, qui détermine cette limite — et cette cause ne peut être que l'éther.

Campbell fait l'objection, qu'un observateur, placé lui-même sur le corps K, ne constatera d'aucune manière qu'il est sur la « marche limite », et qu'il pourrait y avoir d'autres corps, K', K'', etc., qui paraissent avoir cette marche limite en se mouvant pourtant très irrégulièrement vis-à-vis de K. L'argumentation de M. Wiechert n'est donc pas rigoureuse.

2. Le ralentissement apparent d'une horloge en mouvement, par rapport aux horloges en repos, a une portée énorme, vu que ce ralentissement doit s'étendre à tous les phénomènes, physiques, chimiques et biologiques. L'effet est surtout frappant au dernier point de vue ; deux personnes du même âge, se séparant dans des systèmes de « marche » très différents et retournant après un laps de temps assez long, constateront une différence d'âge très sensible. Ce fait théorique, qui a été constaté déjà par M. Langevin, est confirmé par M. Laue comme étant d'accord avec le principe de relativité, tandis que Campbell, par une déduction qui nous paraît erronée, croit pouvoir le rejeter. M. Wiechert relève donc avec raison que cette réflexion forme un objection sérieuse contre le principe absolu de la relativité. Il n'y voit pas d'autre solution qu'en rejetant ce dernier et en admettant de nouveau l'influence de l'éther sur la matière : la vitesse avec laquelle les phénomènes naturels se déroulent dans un système matériel serait en réalité dépendante du mouvement de ce système vis-à-vis de l'éther.

Ici, cependant, nous ferons la remarque suivante : le principe de relativité exige toujours la *réciprocité parfaite* des phénomènes entre deux systèmes qui possèdent un mouvement relatif. Si, dans l'exemple cité, les deux personnes du même âge se séparent avec une vitesse relative pour se retrouver plus tard, la constatation d'une différence d'âge sera parfaitement mutuelle : A dira positivement que B est resté en arrière dans son dévelop-

pement, et B affirmera avec le même droit que c'est A qui ne s'est pas développé assez vite. Ainsi le principe absolu de la relativité montre ses conséquences les plus extrêmes et il est clair que l'introduction de l'éther n'est plus en état de résoudre cette contradiction irréductible et inconcevable.

Nous ne trouvons que deux possibilités de solution dans ce conflit : Ou bien, nous nous rappellerons que les formules du principe de la relativité ne sont déduites que pour le cas où le mouvement des deux systèmes comparés reste uniforme et rectiligne ; dans ce cas, il est possible que chaque changement de vitesse ait des effets encore complètement inconnus, de sorte qu'il n'est plus permis d'appliquer les notions de temps et d'espace d'Einstein, au cas que les systèmes se retrouvent après un certain temps.

Ou bien il faut entreprendre une légère modification du principe de relativité, telle qu'Abraham l'indique dans son ouvrage *Théorie der Elektrizität*, 2e édition, 1908. M. Abraham introduit la contraction du système en mouvement, d'après l'hypothèse de Fitzgerald-Lorentz, en outre — d'accord avec les expériences de Michelson —, il admet que la vitesse de la lumière, mesurée dans un système quelconque, est indépendante de la direction, mais par contre qu'elle varie avec la vitesse du système lui-même. Développant ces hypothèses très simples, M. Abraham arrive en général aux mêmes conclusions que M. Einstein, avec exception du paradoxe des horloges, qui disparaît (au moins du point de vue de l'observateur de l'éther) de ses formules et qui nous délivre ainsi de l'obsession causée par le principe absolu de la relativité.

M. Plancherel (Fribourg). *Sur l'incompatibilité de l'hypothèse ergodique et des équations d'Hamilton.*

Soit $q_1, q_2 \ldots, q_n$ les coordonnées générales d'un système mécanique *conservatif*, $p_1, p_2, \ldots, p_n$ les moments généralisés relatifs à ces coordonnées, et $E = E\,(q,p)$ l'énergie totale du système. Les équations du mouvement du système sont alors

$$\frac{dq_h}{dt} = \frac{\partial E}{\partial p_h}\,,\quad \frac{dp_h}{dt} = -\frac{\partial E}{\partial q_h}\,,\ (h = 1,2,\ldots,n) \tag{1}$$

Elles admettent $2n$ intégrales premières, dont l'une est connue immédiatement :

$$E(q,p) = \text{const.} \tag{2}$$

Nous pouvons figurer géométriquement l'état du système à l'instant t par un point de coordonnées (q,p) dans l'espace à $2n$ dimensions. Au mouvement réel du système correspond dans cet

espace une courbe figurative, la *trajectoire* C du système. Cette trajectoire se trouve naturellement tout entière sur l'une des hypersurfaces S_o : $E(q,p) = E_o$ de la famille (2).

Boltzmann et Maxwell, dans leurs travaux sur l'interprétation mécanique des lois fondamentales de la thermodynamique, mettent à la base de la plupart de leurs raisonnements l'hypothèse : *Il existe des systèmes mécaniques conservatifs, dont la trajectoire C passe par tous les points de l'hypersurface-énergie correspondante S_o* . Les systèmes vérifiant cette hypothèse sont dits des systèmes *ergodiques*, et la plupart des résultats de Boltzmann et de Maxwell ne sont démontrés que pour de tels systèmes. Leurs raisonnements font un usage essentiel de cette hypothèse et ils ne sont plus applicables au cas où l'on se limite à l'hypothèse moins restrictive : Il existe des systèmes mécaniques conservatifs (quasi-ergodiques) dont la trajectoire forme un ensemble partout dense sur S_o .

Le conférencier montre que (sauf dans le cas trivial $n = 1$) *il n'existe pas* de systèmes ergodiques. Sa démonstration suppose simplement que la fonction $E(q,p)$ possède des dérivées partielles bornées sur S_o ; elle montre de plus qu'il existe sur l'hypersurface-énergie S_o une *infinité non dénombrable de trajectoires différentes.*

E. Guillaume (Berne). *Les équations de l'électrodynamique et les machines à collecteur.*

Les machines à collecteur ont pris une grande extension depuis qu'on les alimente avec du courant alternatif pour en faire des moteurs. Ces machines sont difficiles à étudier théoriquement. MM. Blondel et Janet opèrent de la façon suivante : ils appellent L_1 le coefficient de self-induction du stator, L_2 celui du rotor et M le le coefficient d'induction mutuelle entre le stator et le rotor ; en possession de ces coefficients, ils évaluent les champs existants et les composent. Si l'on essaye d'établir les équations fondamentales de l'électrodynamique au moyen des coefficients L_1, L_2, M ainsi définis, on tombe sur des impossibilités : on trouve, par exemple, que dans une machine Gramme à courant continu, le rotor devrait induire, aux bornes du stator, une force électromotrice de l'ordre de grandeur de celle qui est induite par le stator aux bornes du rotor. Pour expliquer cette anomalie, il faut mettre la dynamo en équations. On est alors conduit à considérer, non pas deux circuits seulement, mais trois : le circuit du stator, celui formé par les spires du rotor non court-circuitées par les balais et celui formé par les spires du rotor court-circuitées par les balais. On peut démontrer, qu'en moyenne, l'action sur le stator des spires du rotor non court-circuitées par les balais, est exactement compensée

par l'action des spires court-circuitées. D'où la règle suivante qui permet d'établir, pour les machines à collecteur, des équations simplifiées, très propres à l'étude de ces machines :

On peut, pour déterminer les courants moyens d'une machine à collecteur, n'établir que les équations de l'électrodynamique relatives au stator et aux spires du rotor non court-circuitées par les balais, en supprimant dans les équations relatives au stator, tous les termes qui donneraient une action due à la rotation des spires du rotor non court-circuitées.

P. Debye. *Les particularités des chaleurs spécifiques à basse température.*

La chaleur spécifique des corps solides monoatomiques mesurée à volume constant ne suit, comme on le sait, la loi de Dulong et Petit que pour les températures élevées. Plus la température est basse, plus la chaleur spécifique s'écarte en moins de la valeur limite fixée par la loi, qui est de six calories par unité de poids atomique. L'interprétation de ces faits qui a été donnée par Einstein est la suivante : Ce ne sont pas les lois de la mécanique statique, d'après lesquelles chaque atome doit avoir une énergie $3kT$ (k, constante universelle de Boltzmann $= 1{,}346.10^{-16}$ erg.; T = température absolue) qui sont valables, mais chaque atome doit être considéré comme un résonateur donnant un nombre déterminé r de vibrations, qui possède d'après la formule de rayonnement de Plaucke l'énergie

$$3 \frac{hr}{e^{\frac{hr}{kT}} - 1}$$

(h = quantième d'action $= 6{,}548.10^{-27}$ erg. sec.)

Les mesures de Nernst et de son école montrent que la marche générale de la chaleur atomique C est rendue d'une manière satisfaisante par la formule suivante obtenue directement de la précédente par différentiation :

$$C = 3Nk \left(\frac{hr}{kT}\right)^2 \frac{e^{\frac{hr}{kT}}}{\left(e^{\frac{hr}{kT}} - 1\right)^2}$$

où N désigne le nombre des atomes par gramme-atome. Cette formule rend compte quantitativement, d'une manière spécialement satisfaisante, des observations exécutées à basse température.

Lindemann put obtenir une concordance encore meilleure des valeurs calculées avec les valeurs observées en introduisant empi-

riquement, à côté des vibrations dont le nombre est r, d'autres vibrations dont le nombre est $r/2$; il arrive ainsi à la nouvelle formule :

$$C = \frac{3}{2} N k \left[\left(\frac{hr}{kT}\right)^2 \frac{e^{\frac{hr}{kT}}}{\left(e^{\frac{hr}{kT}} - 1\right)^2} + \left(\frac{hr}{2kT}\right)^2 \frac{e^{\frac{hr}{2kT}}}{\left(e^{\frac{hr}{2kT}} - 1\right)^2} \right]$$

Einstein a montré qu'on peut soutenir jusqu'à un certain point l'idée d'introduire deux nombres de vibrations au lieu d'un, en faisant ressortir que par suite de l'action des atomes les uns sur les autres, il n'est pas possible à un atome d'exécuter une vibration pure, mais que, dans ces conditions, le mouvement devient semblable à une vibration fortement amortie.

En supposant que l'influence qu'ont les atomes les uns sur les autres détermine les écarts entre la courbe observée et la courbe calculée, on peut proposer la marche suivante pour arriver à une formule rationnelle pour C.

Un corps composé comme tout de N atomes représente un système de 6N degrés de liberté, susceptible d'effectuer 3N vibrations propres différentes. En superposant les fonctions propres correspondantes, on peut représenter l'état de mouvement et par conséquent aussi la chaleur du mouvement. Il résulte des calculs de Jeans qu'une marche analogue rapportée au vide conduit à la formule de rayonnement, si l'on attribue à chaque vibration propre l'énergie

$$\frac{hr}{e^{\frac{hr}{kT}} - 1}$$

En reportant cette dernière hypothèse sur le cas qui nous occupe, on voit que le calcul de la chaleur spécifique est ramené au calcul des vibrations propres d'un corps élastique (avec 6 degrés de liberté).

Je passe les détails, et je voudrais seulement faire ressortir deux résultats de ces calculs :

1° Bien que la chaleur spécifique à basse température se comporte d'après leur nouvelle formule d'une manière assez différente que d'après la formule d'Einstein, ce fait intéressant n'en reste pas moins acquis, que la chaleur spécifique est une fonction universelle lorsqu'on mesure la température comme un multiple d'une température à choisir pour chaque corps.

2° En ne considérant la manière dont C se comporte que pour des basses températures, on échappe aux difficultés qui résident dans le fait que le corps, en contradiction avec la théorie de l'élasticité, possède un nombre fini de degrés de liberté. On peut

calculer à partir de la théorie de l'élasticité les vibrations propres qui sont importantes, et l'on trouve que leur nombre entre les nombres de vibrations r et $r + dr$ est proportionnel à $r^2 dr$. L'énergie U du corps est donc à basse température proportionnelle à l'intégrale

$$\int_0^\infty \frac{hr}{e^{\frac{hr}{kT}} - 1} r^2 dr \simeq \int_0^\infty h r^3 e^{-\frac{hr}{kT}} dr,$$

c'est-à-dire proportionnelle à T^4. Le résultat que la chaleur spécifique est proportionnelle à T^3 est une analogie directe de la loi de Stephan et Boltzmann.

Paul HABICHT (Schaffhouse). *Essai de démonstration avec le multiplicateur de potentiel d'après Einstein.*

On sait qu'il est difficile de varier la valeur des résistances avec la tension employée. On peut éviter cette difficulté en employant un système construit d'une façon analogue au système proposé par Kohlrausch pour la mesure galvanométrique des capacités de condensateurs.

Soit C la capacité d'un condensateur, V la différence de tension employée, on a alors :

$$CV = E,$$

où E désigne la quantité d'électricité du condensateur.

Mais on a :

$$E = It$$

où I désigne l'intensité du courant pendant le temps t.

De ces deux équations l'on tire :

$$I = \frac{VC}{t};$$

la relation $\frac{t}{C}$ a donc la propriété d'une résistance.

Par conséquent, un dispositif qui charge et décharge une capacité C, n fois par seconde, n étant constant, constitue une résistance que nous proposons d'appeler l'ultra-résistance.

Le grand avantage d'une résistance de ce genre est son indépendance de la tension employée, la manière exacte dont on peut la régler et sa constance. On peut, de plus, en diminuant la capacité et le nombre n, obtenir de très grandes résistances.

Le multiplicateur de potentiel peut être employé comme résistance de ce genre. La constance du nombre des tours est réglée par un dispositif spécial. Si la tension à mesurer est reliée au second excitateur et que le premier soit à la terre, le premier dispositif constitue une ultra-résistance.

Les essais de démonstration avec un appareil de ce genre ont montré combien son application est simple pour la mesure de la lumière ultra-violette et le rayonnement α d'une préparation de radium.

D'autres expériences, exécutées avec le multiplicateur de potentiel, ont démontré combien cet appareil permet de suivre rapidement de petites variations de tensions dans une bobine d'induction.

D'autres essais enfin, faits avec une chambre à ionisation, ont montré la grande sensibilité de cet appareil, lorsque les bornes sont isolées, pour les rayons α, β, γ d'une faible préparation de radium.

E. Le GrandRoy (Neuchâtel) donne un exemple frappant *de la rapidité extraordinaire avec laquelle les perturbations barométriques se compensent*, même dans un temps très court, et quand l'amplitude diurne atteint des proportions tout à fait anormales : c'est celui de la tempête qui a sévi à Neuchâtel, du 20 au 24 décembre 1911, et qui a causé des dégâts considérables.

La courbe déduite de ces cinq jours d'observation est presque normale, et présente une allure intermédiaire entre la courbe classique et celle qui résulte de nombreuses observations faites à St-Pétersbourg, dans les périodes de régime cyclonique, en se rapprochant toutefois davantage de cette dernière.

E. Le GrandRoy (Neuchâtel). *La hauteur de notre atmosphère déduite des éclipses de lune.*

E. Le GrandRoy montre que l'augmentation de $^1/_{50,8}$, qu'on doit faire subir au rayon du cône d'ombre de la terre, au point où la lune y pénètre dans les éclipses, suppose pour l'atmosphère une épaisseur d'environ 90 km., concordant très sensiblement avec celle que donnent d'autres méthodes.

Albert Perrier et H. Kamerlingh Onnes. *Sur la susceptibilité initiale aux très basses températures.*

M. Perrier présente ensuite, en son nom et au nom de M. Kamerlingh Onnes, le résultat d'un travail sur la susceptibilité ferromagnétique initiale, grandeur sur laquelle on ne possédait jusqu'ici aucune donnée à des températures inférieures aux conditions ordinaires.

Les expériences ont porté sur un échantillon de nickel identique à celui qui a fait l'objet des recherches de Radovanovitch [1] à haute température. Elles ont montré que la susceptibilité initiale continue à décroître régulièrement et fortement avec l'abaissement de

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.* (4), t. XXXII, p. 315, 1911.

température, et cela jusqu'à —253°, point extrême atteint : cette constatation rend son annulation au zéro absolu très probable, phénomène que fait présumer le travail précité. Il ne semble pas toutefois que l'accord quantitatif doive être complet avec la formule de Radovanovitch extrapolée. Quant au coefficient du terme parabolique dans l'expression de l'aimantation en fonction du champ, il est déjà pratiquement nul à température ordinaire et ne reparaît pas à basse température.

La méthode magnétique appliquée se rattachait au type balistique de Rowland. A cause de la masse relativement très forte de métal à refroidir, le côté cryogénique s'est heurté à de sérieuses difficultés ; celles-ci ont été surmontées par la construction d'un cryostat de grande capacité à deux verres-vacuum concentriques et pourvus d'organes spéciaux permettant l'accession à 20° absolus en deux étapes.

Renger (Zurich). *La susceptibilité initiale en fonction de la température.*

J'ai mesuré la susceptibilité initiale et le coefficient angulaire de la courbe de susceptibilité pour le fer pur, et j'ai déterminé leurs variations en fonction de la température. J'ai constaté qu'il existe des relations simples entre ces deux grandeurs, ainsi qu'entre chacune d'elles et l'intensité d'aimantation dans un champ nul. Pourtant, les coefficients sont notablement différents de ceux que Radovanovitch a trouvés pour le Nickel.

Je prépare les mêmes recherches sur la magnétite. Les résultats seront donnés dans une prochaine publication.

M. Debye : Je voudrais attirer l'attention sur une conséquence qui résulte du théorème de chaleur de Nernst rapproché du fait que le moment magnétique dépend de la température. Lorsque les forces H. dont il s'agit sont faibles, on peut mesurer la chaleur fournie δQ par l'expression :

$$\delta Q = dU - H dM.$$

(H = énergie intérieure, M = moment magnétique)

On peut donc définir un potentiel thermodynamique de Gibb par la relation

$$\varphi = U - TS - HM$$

(S = entropie, T = température)

dont la différentielle sera :

$$d\varphi = - SdT - MdH.$$

D'un manière générale, on a par conséquent :

$$\frac{\partial M}{\partial T} = \frac{\partial S}{\partial H}.$$

D'autre part, pour $T = 0$, S disparaît pour chaque valeur de H ; on doit donc avoir à très basse température :

$$\frac{\partial M}{\partial T} = 0.$$

résultat que les mesures semblent confirmer.

(Ajoutons encore, pour nous orienter, que du potentiel thermodynamique ordinaire avec pV (p = pression, V = volume) à la place de —HM on arrive de la même manière à

$$\frac{\partial V}{\partial T} = 0.$$

Ce résultat, que Plauck, le premier, a tiré du théorème de Nernst, est confirmé indiscutablement par les observations, par exemple par celles de Lindemann.

Pierre Weiss. *Sur le paramagnétisme des cristaux.*

La théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin, imaginée d'abord pour les gaz, peut être étendue sans difficulté aux solutions des sels paramagnétiques et même aux corps paramagnétiques amorphes. A priori, il ne semble pas que son application puisse s'étendre aux cristaux paramagnétiques. Cependant, en procédant comme si elle s'appliquait aux poudres de cristaux, isotropes en apparence par compensation, on peut déduire des observations le moment magnétique de la molécule et l'on trouve des nombres entiers de magnétons. Cette propriété est notamment mis en évidence par les expériences de Mlle Feytis. Elle ne serait guère explicable si l'application de la théorie cinétique n'était pas légitime.

Cette lacune dans la théorie est comblée par la démonstration du thorème suivant: la loi de la variation thermique du coefficient d'aimantation d'un cristal, pour une direction déterminée, est différente de la loi de Curie. Mais la moyenne des coefficients d'aimantation pour trois directions rectangulaires obéit à cette loi, avec la même constante de Curie que celle qu'aurait la substance si elle était isotrope. Déterminer le coefficient d'aimantation d'une poudre revient à prendre automatiquement la moyenne d'un grand nombre de moyennes de mesures faites dans trois directions rectangulaires. M. Weiss donne quelques indications préliminaires sur des mesures faites sur la sidérose qui vérifient bien la proposition.

Auguste Piccard (Zurich). *La susceptibilité magnétique de l'eau.*

Un mémoire complet sur ce travail devant paraître prochainement dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, nous nous bornons à en résumer ici les points principaux.

La susceptibilité magnétique de l'eau n'est pas encore connue avec toute la précision désirée. Les meilleures mesures diffèrent de quelques pour cent. Comme la connaissance de la valeur du magnéton, dans les solutions paramagnétiques, dépend actuellement du diamagnétisme de l'eau, il paraissait intéressant d'entreprendre une nouvelle détermination de cette constante de l'eau, en ayant recours aux méthodes de mesures les plus précises.

Dans un électro-aimant que nous avons étalonné, M. Foëx et moi, de différentes façons et avec le plus grand soin, nous avons déterminé en valeur absolue, par la méthode d'ascension, le paramagnétisme d'une solution de chlorure de manganèse et d'une solution d'azotate de cobalt. Ces déterminations peuvent être faites avec une grande précision, car il s'agit en somme de mesurer des hauteurs d'ascension de 9 cm. et de 4 cm., là où le diamagnétisme de l'eau ne se serait manifesté que par une dénivellation de 1,6 mm. C'est avec ces solutions étalons que l'eau a été comparée dans un appareil doué d'une grande sensibilité, mais incapable de fournir directement des nombres en valeur absolue. Cet appareil est une balance, construite pour ce but spécial d'une façon qui diffère assez des balances ordinaires. Pour pouvoir combiner, malgré la charge totale de 10 gr., une grande sensibilité avec une petite période d'oscillation, j'ai réduit la longueur des bras de levier à 20 mm. Un si petit fléau aurait dû avoir des couteaux d'une exactitude difficile à réaliser. Cela m'a amené à remplacer les couteaux par des bandes d'acier provenant de spiraux de montre ; deux bandes remplacent le couteau du milieu et la charge pend à une seule bande à l'un des bouts du fléau. L'autre bout porte directement le contrepoids invariable et le miroir, servant à la lecture. La balance est à charge constante. C'est-à-dire qu'on rétablit toujours l'équilibre en agissant sur le côté où pend la charge. Cela se fait grossièrement par des poids, puis avec toute la finesse voulue en réglant les courants électriques qui passent par deux bobines, dont l'une est fixe et l'autre suspendue au fléau. Deux butoirs limitent la course du fléau à 0,05 mm., et une plaque fixe, rapprochée de 0,5 mm. du plateau, produit un amortissement très efficace.

Les liquides à comparer sont placés dans une éprouvette en quartz suspendue à la balance dans l'entrefer d'un électro-aimant. L'observateur se place à 3 m. de distance, établit l'équilibre en réglant les courants électriques, fait la lecture des ampèremètres,

excite l'électro-aimant, intervertit l'un des deux courants et le règle de façon à rétablir l'équilibre. L'observation se fait un grand nombre de fois. On n'emploie pas plus d'une minute pour chaque observation, et les différentes observations concordent à quelques centièmes de milligrammes près.

Pour les résultats, je renvoie au mémoire annoncé plus haut.

J. de Kowalski. *Sur un cas de dichroïsme artificiel.*

Les phénomènes de coloration des cristaux de platino-cyanure de baryum sous l'action des rayons Rœntgen et du rayonnement du radium ont déjà été observés et décrits par plusieurs auteurs qui en ont proposé diverses explications. Quelques-uns, par exemple, ont émis l'hypothèse que cette coloration est due à une certaine perte en eau. Beilby explique le phénomène par le passage à une modification nouvelle qui pourrait aussi être obtenue par compression. Rutherford a, de son côté, édifié une théorie spéciale pour expliquer la coloration produite par les rayons α (coloration d'ailleurs identique à celle que produisent d'autres rayonnements).

A mon avis, ces recherches n'ont pas été étendues à une suffisamment grande variété de platino-cyanures ; en effet, les expériences n'ont porté que sur le platino-cyanure de baryum, et l'on n'a pas non plus étudié à fond des exemplaires de cristaux particulièrement bien définis.

Les colorations obtenues sur d'autres platino-cyanures prouvent à première vue qu'il ne faut pas chercher la raison du phénomène dans une perte d'eau ou dans des modifications dues à la pression. Il est vrai que, pour le platino-cyanure de baryum, les changements de coloration sont presque identiques, quelle que soit celle des causes ci-dessus qui les ait produits ; mais ce n'est plus le cas pour d'autres platino-cyanures. Ainsi le platino-cyanure de strontium devient violet par déshydratation, mais exposé au rayonnement du radium, il prend une teinte vert émeraude. Et même pour le platino-cyanure de baryum, le caractère de la coloration est différent suivant les causes. Par élimination d'eau, les cristaux se troublent, tandis que, sous l'action des rayons du radium, ils demeurent limpides et la coloration fait apparaître un dichroïsme caractéristique. Ce cas de dichroïsme artificiel est précisément l'objet de la présente communication.

Des cristaux de platino-cyanures de baryum, calcium, strontium, potassium-sodium, lithium-rubidium furent colorés par le rayonnement du radium et la caractéristique de la coloration obtenue est identique pour tous ces corps. La coloration naturelle consiste en une absorption unilatérale qui s'étend de l'ultra-violet jusque dans le visible ; cette absorption a une limite bien nette et

un faible dichroïsme existe dans tous les cristaux cités. En étudiant une plaque taillée parallèlement à l'axe principal (la plupart de ces cristaux sont rhombiques), on observe que la lumière vibrant parallèlement à cet axe est absorbée plus loin vers le rouge que la lumière vibrant perpendiculairement à l'axe principal. Mais dans les cristaux colorés par le rayonnement du radium, il se produit le *phénomène contraire*. L'absorption primitive demeure; mais avec une lumière vibrant perpendiculairement à l'axe, on observe une absorption qui s'étend plus avant vers le rouge et sa limite est un peu floue. Cette absorption se superpose à l'absorption naturelle. Une partie de ces recherches ont été faites en commun avec M. J. Bürgisser.

J. DE KOWALSKI. *Influence de la température sur les spectres d'absorption des composés aromatiques.*

M. J. de Kowalski[1] expose le résultat des recherches qu'il a effectuées en commun avec M. E. Banasinski sur les spectres d'absorption du benzène, du toluène et des trois xylènes en solution alcoolique à la température de —192°. Il constate que, à cette température si basse, de nouvelles bandes apparaissent dans tous ces spectres; il expose les changements survenus et les relations des bandes entre elles. Une expérience, où le pentane fut employé comme dissolvant, prouve que cette substance se prête beaucoup mieux que l'alcool à l'étude des spectres d'absorption des carbures aromatiques.

P. JOYE. *Sur les spectres de réflexion de terres rares.*

Le filament d'une lampe Nernst est projeté sur des cristaux d'hydrate de néodyme, contenus dans une éprouvette. On photographie la lumière réfléchie par cette substance. On obtient un spectre d'absorption formé de lignes, la plupart nettes. En chauffant cet hydrate $Nd_2O_3.6H_2O$ à diverses températures, comprises entre 300 et 700°, on peut obtenir deux nouveaux hydrates, moins riches en eau, présentant deux spectres différents. Les recherches chimiques entreprises par M. Garnier[2] ont montré que ces spectres correspondent à des hydrates parfaitement définis, dont les formules sont : $Nd_2O_3.3H_2O$ et $Nd_2O_3.H_2O$. Enfin, l'oxyde de néodyme NdO_3 donne par réflexion un spectre particulier.

[1] La communication complète paraîtra sous peu dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles.*

[1] P. Joye et Ch. Garnier. Contribution à l'étude des composés du néodyme. *C. R.* 1912, 19 février, p. 510.

Caractères et longueurs d'onde de ces divers spectres

$N.d_2O_3.6H_2O$ Couleur rose spectre de lignes	$N.d_2O_3.3H_2O$ Couleur brune spectre de bandes	$Nd_2O_3.H_2O$ Couleur grise spectre de lignes	Nd_2O_3 Couleur bleue spectre de lignes
6402 ?	6135 très faible	6229 faible	6385
6333 très faible	6057 »	6165 très faible	6330
6254 un peu large	6042	6120 »	6295
5952	6018 Disposition	6019 faible	6185
5903 Diffuses	6000 en bandes fines	5958 »	6143 forte
5870 et faibles	5970-5935 Bandes	5916 nette	6141
5834 assez forte	5908-5750 floues	5820 »	6093
5784 forte, nette	5410-5343 Bandes	5785 faible	6068 faible
5748 » »	5340-5310 plus fortes	5361 floue	6012 forte
5356 faible	5215-5180 floue, faible	5331 »	5964 très forte
5298 fine		5210 large	5896
5269 faible		5192 »	5878 fine
5249 faible, fine			5838 très fine
5235 très forte, très fine			5824 faible
5171 assez forte			5525 »
5111 large			5455 floue, large
5061 faible, diffuse			5417 très faible
4831 très fine			5392 »
4776 nette			5371 fine, nette
4714 »			5348 très nette
4643 faible			5273 faible, nette
4286 forte, fine			5217 floue
			4873
			4852 faible
			4716 »
			4370 forte

Pour les déterminations en cours d'exécution des spectres de réflexion dans l'ultra-violet, il est fait usage d'une source à spectre continu ultra-violet, qui est à peu près semblable à celle décrite par Konen. Un transformateur industriel mis en résonance charge une batterie de condensateurs ; en série, avec une distance explosive, se trouve un déchargeur à électrodes d'aluminium fonctionnant dans l'eau. L'emploi du transformateur en résonance permet d'obtenir une étincelle d'une puissance considérable.

R. Fortrat (Zurich). *Une loi approchée de quelques bandes spectrales.*

J'ai indiqué une loi approchée de répartition des raies de quel-

ques bandes spectrales. Si on affecte chaque raie d'un numéro d'ordre convenable positif ou négatif, et si, sur deux axes de coordonnées rectangulaires on porte en abscisse la fréquence de chaque raie, en ordonnée son numéro d'ordre, les points représentatifs dessinent une courbe qui a l'aspect d'une parabole complète ayant pour axe une droite parallèle à OX et dont le sommet est voisin de la tête de la bande représenté sur l'axe OX.

Dans les bandes, obéissant à cette loi, que j'ai rencontrées jusqu'ici, se produit une perturbation très importante qui prend plusieurs aspects et dont le caractère le plus important est l'absence d'une ou deux raies, accompagnée d'une variation d'intensité disconstinue et parfois très grande.

M. Ratnowsky fait une communication sur *l'équation d'état des corps solides et l'hypothèse des quanta.*

Ce travail devant paraître prochainement, l'auteur ne donne ici que les résultats :

1° La fréquence propre d'un résonateur doit à cause de l'existence de l'énergie potentielle intérieure être considérée comme fonction du volume.

2° Cela étant admis ainsi que l'existence des forces intermoléculaires, on peut déduire de l'hypothèse des quanta une équation d'état des corps solides qui concorde presque exactement avec celle de Grüneisen.

3° De cette équation d'état on peut ensuite déduire trois relations pour γ (fréquence propre) : celle d'*Einstein*, celle de *Lindemann* et une troisième entre γ et le coefficient de dilatation thermique.

4° Cette nouvelle équation d'état mène plus loin que celle de *Grüneisen*, puisqu'elle donne aussi la dépendance des grandeurs d'état de la température.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 janvier 1912

Raoul Gautier. Un nouveau télescope construit par M. Schær. — A. Brun. Cristallisation des silicates alumino-alcalins. — J. Briquet. Les limites géobotaniques du Jura méridional. — Le même. Dissémination du buis par les fourmis.

M. Raoul Gautier, au nom de M. Émile Schær, astronome-adjoint à l'observatoire, présente à la Société quelques photographies représentant un télescope Cassegrain de un mètre de diamètre construit par M. Schær au cours de l'année 1910, et d'autres photographies d'astres prises au moyen de cet instrument. Ce télescope puissant, dont la description détaillée est donnée ailleurs[1], a une distance focale de 17 m. 60, grâce à l'emploi d'un petit miroir hyperbolique de 20 cm. de diamètre. Il présente cette particularité que, l'astigmatisme du grand miroir a été corrigé d'une façon très complète et très satisfaisante au moyen de retouches au petit miroir. Sa construction presqu'entièrement en bois, est à la fois très robuste et très simple.

Durant l'hiver 1910-1911, il était installé sur roulettes à l'observatoire et on le sortait sur la terrasse située du côté sud.

Depuis le mois de juillet, M. Schær a mis, avec une grande obligeance, son télescope à la disposition du directeur de l'observatoire pour être transporté et installé dans différents emplacements du canton qui pourraient se prêter à l'établissement de la succursale projetée de l'observatoire, destinée aux observations astronomiques qui demandent une obscurité aussi complète que possible.

A cet effet, on a fait construire un pavillon démontable en bois, déplaçable sur rails et pouvant contenir l'instrument de M. Schær. Au cours de l'été et de l'automne 1911, l'instrument a été successivement installé à la Vieille Bâtie, commune de Collex-Bossy,

[1] Voir ci-dessus, *Archives*, t. XXXIII, p. 201.

*

sur un terrain appartenant à M. Antoine Maréchal, puis à Choully, sur un terrain appartenant à M. Fontaine ; et depuis le mois de décembre, il est installé au Carre, chez M. Adolphe Morel.

Dans ces emplacements successifs, M. Schær, aidé de M. Charrey, a fait un grand nombre de photographies de la lune, de planètes, d'amas d'étoiles, de nébuleuses, etc., que M. Gautier a le plaisir de montrer à la société. Toutes témoignent des qualités optiques de l'instrument et de la bonne marche du régulateur du mouvement, qui est une simple pompe à glycérine ou à huile.

M. Albert Brun donne quelques indications sur les expériences qu'il poursuit concernant la *cristallisation des silicates alumino-alcalins.*

Les feldspaths, orthose, albite, anorthose appartenant à des roches éruptives, et d'autre part, les volcans fonctionnant sans eau, il est de toute nécessité que ces minéraux se forment dans la nature par la seule transformation de leurs verres colloïdes.

En observant certaines précautions et en suivant un mode opératoire qui se rapproche le plus possible des conditions dans lesquelles se trouve une coulée de roche éruptive du type acide alumino alcalin. M. Brun a réussi à transformer en cristaux l'Eutectique 3 Fel. 1 Sil ; et les verres à 68 % de silice et 15 % d'alcalis correspondant aux albites et anorthoses. Pour ces derniers les cristaux sont de $^1/_3$ de millimètre de grandeur et sont assez nets pour que leurs propriétés optiques et l'écartement 2 V puissent être facilement mesurés. Ces recherches se continuent. Les détails seront publiés dans les *Archives.*

J. Briquet. *Les limites géobotaniques du Jura méridional.*

Développant des notes antérieures de M. Ant. Magnin[1] et de nous-mêmes nous avons en 1903[2], divisé le Jura méridional en trois secteurs abondamment caractérisés au point de vue floristique, écologique et géographique. Ces trois secteurs sont : 1° le *Jura bugeysien* au nord du Rhône et au sud de Bellegarde ; 2° le *Jura savoisien* comprenant les chaînes situées au-delà du Rhône dans les départements de la Haute-Savoie, de la Savoie et de l'Isère, et établissant le passage entre la flore jurassienne et les préalpes calcaires occidentales ; 3° le *Jura de Crémieu,* secteur à plateaux situé entre le Rhône et la Bourbre.

[1] Magnin. La végétation des monts Jura, p. 44-46. Besançon 1893 ; Magnin. *Archiv. fl. jurass.* I, p. 22, 1900.

[2] Briquet. Les chaînes du Jura savoisien. *Arch. fl. jurass.*, IV, 133-138, 1903.

Les limites méridionales du Jura savoisien ne soulèvent aucune difficulté. Les chaînes de ce secteur sont toutes, en effet, séparées des Alpes par des bandes mollassiques ou de profondes vallées, sauf celle du Bourget. Mais le passage des Echelles, qui sépare la chaîne jurassienne du Bourget et le massif de la Grande Chartreuse, constitue une limite si naturelle qu'elle a été reconnue depuis fort longtemps.

Les limites du Jura méridional en ce qui concerne les secteurs de Crémieu et du Bugey sont tout aussi faciles à tracer : les plaines alluviales, et la mollasse partout où le modelé du terrain devient accentué, lui forment une ceinture dont les caractères floristiques sont très uniformes. De même que les synclinaux mollassiques, à flore très uniformément silicicole, qui séparent entre elles les chaînes du Jura savoisien, doivent être exclus de la flore jurassienne, de même aussi le bassin mollassique de Belley (*Hypericum pulchrum*, *Epilobium lanceolatum*, *Triodia decumbens*, etc.), doit être exclu du jura bugeysien. Ce bassin ne saurait légitimement être comparé aux îlots erratiques, aux dépôts isolés de sables sidérolithiques etc., que l'on peut relever dans tout le domaine de la flore jurassienne, quoi qu'en ait dit. le savant professeur de Besançon[1]. Il communique en effet au sud par la vallée du Rhône avec les terres-froides delphino-savoisiennes (région Tour-du-Pin-Pont-de-Beauvoisin) et forme avec elles un secteur siliceux parfaitement naturel. — On ne saurait pour des raisons analogues, englober dans le Jura méridional les plaines alluviales du Rhône et de l'Ain au-delà de la ceinture mollassique occidentale des chaînes du Jura.

Un point fort délicat est celui de la limite septentrionale du Jura bugeysien. M. Magnin fait passer cette limite par Bellegarde, Nantua, remonter de là dans la vallée de l'Ain jusqu'à Thoirette, peut-être même Arinthod, et rejoindre ensuite le Revermont au nord de Point d'Ain[2]. Nous avons consacré une série d'excursions à l'étude critique du terrain et, combinant nos résultats avec les documents qui donnent la bibliographie, arrivons aux résultats suivants :

Lacluse-Bellegarde-Châtillon-Silan-Nantua, constitue une frontière extrêmement naturelle. Au nord de cette ligne, les hautes chaines, en particulier la chaîne Crédo-Reculet, présentent la flore alpine la plus riche que la flore jurassienne puisse offrir, tandis qu'au sud de cette ligne, les plus hautes chaînes Colombier-Valromey présentent une flore alpine appauvrie au moins du

[1] Magnin. *Arch. fl. jurass.*, I, p. 23, 1900.

[2] Magnin. La végétation des monts Jura l. c. — L'auteur a d'ailleurs soin de dire que ce tracé a un caractère provisoire.

50 %. C'est l'inverse qui a lieu dans les étages inférieurs pour les éléments méridionaux : très abondants et très variés au sud de la ligne Bellegarde-Nantua, ils diminuent très rapidement au nord de cette ligne. Aucun doute, par conséquent, de la légitimité de la frontière donnée par M. Magnin jusqu'à la plaine de Nantua. En revanche, nous ne pouvons suivre cet auteur dans le tracé sinueux qu'il a adopté à partir de ce point vers l'ouest. Il n'y a aucun moyen de tracer une ligne allant du bassin de Nantua à Thoirette, ou Arinthod, sans couper de la façon la plus artificielle le long massif qui, partant de Cerdon, borde la rive gauche de l'Ain. Et de Thoirette, ou d'Arinthod, pour regagner le Revermont à la hauteur de Ceyzeriat, il faut couper de la façon la plus artificielle plusieurs chaînes. — Nous croyons que M. Magnin a donné trop d'importance au fait que certaines espèces d'allures méridionales remontent assez haut dans la vallée de l'Ain, et à la présence d'une ou deux espèces méridionales très saillantes dans la partie australe de la chaîne du Revermont (en particulier le *Carlina acanthifolia*). Ne retrouve-t-on pas en effet, bien plus au nord, des espèces méridionales très remarquables (*Rhamnus saxatilis*, *Cytisus capitatus* et surtout *Quercus Cerris*) ! A notre avis, toute coupure des chaînes occidentales du Jura au nord du débouché de l'Ain dans la plaine restera toujours très artificielle. Le seul moyen de limiter naturellement le Jura méridional, dans la région critique en question, consiste à ramener la frontière à partir de la région Brion-Port-de-Nantua, sur Poncin, en passant par Maillat, La Balme et Cerdon. Ce tracé a le très grand avantage de ne pas couper artificiellement les chaînes du Jura occidental, puisqu'elle aboutit au décrochement Poncin-Pont-d'Ain, tout en suivant une dépression de terrain assez profonde pour avoir servi à l'établissement d'un chemin de grande communication. En outre, il sépare d'une façon heureuse les colonies xérothermique du Jura méridional de celles (moins riches et assez différentes) du Jura occidental. Enfin, elle oppose très heureusement le massif des Monts d'Ain encore relativement riche en éléments subalpins, aux chaînes du Revermont, du mont Bosset et de Montenant qui en sont quasi-dépourvues.

J. Briquet. *La myrmécochorie du Buis (Buxus sempervirens L.).*

Au cours d'herborisations faites en juillet 1906, dans la vallée d'Asco (Corse), notre attention a été attirée sur la présence dans les creux des rochers sur lesquels est tracé le sentier de Moltifao à Asco, d'accumulations de semences allongées et d'un noir luisant. Nous ne tardâmes pas à constater que ces accumulations étaient de simples dépôts d'étapes organisés par des fourmis. Et

en effet, des colonnes très lâches de ces insectes partaient des dépôts en question pour aboutir aux fourmilières, tandis que d'autres arrivaient à la buxaie voisine. Cette dernière circonstance nous facilita la détermination des semences ; une rapide comparaison nous montra qu'elles provenaient du buis.

La récolte des semences du buis par les fourmis se fait à terre sous le couvert du maquis. Nous avions d'abord attribué l'absence complète de semences dans les fruits ouverts, au pillage de ces fruits *in situ* par les fourmis. Mais cette idée n'a pas été confirmée par l'observation. Les capsules du buis, indurées-ligneuses à la maturité, s'ouvrent en effet en trois valves couronnées chacune par deux cornes correspondant chacune à un demi-style. En outre, chaque loge se fend encore souvent longitudinalement et irrégulièrement. Ce travail a pour effet de projeter spontanément les semences au dehors.

Les semences du buis, au nombre de deux par loge, sont cylindriques-oblongues, et en même temps obtusément trigones ; la face dorsale est légèrement bombée-convexe, tandis que les faces latérales sont légèrement creusées en gouttière. Longues d'environ 6 mm., les semences sont plus longuement atténuées à l'extrémité inférieure libre, et couvertes d'un test noir, lisse et luisant. A l'extrémité supérieure, le côté raphéal (dorsal) de la semence se prolonge en une sorte de bec philaire d'abord étroit, puis élargi et recourbé à la fin sur la cîme de la semence. Du côté opposé, correspondant à l'arête ventrale de la semence, il existe aussi une saillie micropylaire, mais moins développée et ne formant pas de bec. Entre les deux saillies ou lèvres, il existe donc un sillon plus ou moins profond, recouvert par une caroncule née sur les bords de l'exostome, et qui est appliquée sur le sillon à la façon d'une selle. Bien que fort petite, cette caroncule tranche sur le test de la semence par sa couleur blanche ; ses éléments renferment en abondance une huile grasse.

La description que nous venons d'esquisser caractérise les semences du buis comme adaptées à une dissémination par l'intermédiaire des fourmis, le caroncule présentant les propriétés d'un *élæosome*, dans le sens donné à ce terme par M. Sernander[1].

Si nous mentionnons ici le mode de dissémination des semences du buis, ce n'est pas seulement parce que la myrmécochorie de cette essence avait échappé à nos prédécesseurs, mais aussi parce que ce phénomène pourra peut-être expliquer certaines anomalies de distribution. S'il venait, par exemple, à être démontré que les semences du buis ne sont charriées que par certaines espèces de

[1] R. Sernander. Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. Upsala u. Stockholm 1906.

fourmis méridionales de grande taille, il deviendrait possible d'établir un rapport entre la distribution géographique ou topographique des insectes et de l'essence. Ce qui rendrait des recherches dans cette direction intéressantes, c'est que le buis possède une distribution topo-géographique capricieuse dans les colonies xérothermiques du bassin du Rhône[1] et que, d'autre part, M. Stoll a montré que certaines colonies xérothermiques étaient aussi caractérisées par la présence de fourmis méridionales[2] déterminées.

Séance du 18 janvier

Dr Ch. Bernard. Les Phanérogames saprophytes de Java.

Dr Ch. Bernard. *Les Phanérogames saprophytes de Java.* Par opposition aux *autophytes,* on a appelé *holophytes* les plantes qui, dépourvues de chlorophylle, sont incapables de tirer le carbone dont elles ont besoin de l'acide carbonique de l'air, mais doivent le chercher dans des substances organiques d'origine végétale ou animale. Parmi ces holophytes, il faut distinguer les *parasites* qui tirent leur carbone d'organismes vivants, et les *saprophytes* qui le tirent de substances en voie de décomposition ; il est d'ailleurs difficile d'établir une ligne de démarcation bien nette entre le saprophytisme et le parasitisme à ses divers degrés.

Laissant de côté tout le grand groupe des cryptogames saprophytes, qui comprend la plupart des champignons, nous ne nous occuperons que des Phanérogames dépourvues de chlorophylle, dont nous avons eu l'occasion d'étudier plusieurs espèces.

La nature tropicale, par suite de la forte chaleur et de la grande humidité, favorise le développement d'une végétation luxuriante, qui a pour résultat une formation considérable d'humus. On comprendra donc que ce soit là la terre de prédilection des saprophytes, qui sont par exemple particulièrement abondantes sous les bambous ; dans un petit bois de bambous, près de Buitenzorg, on ne trouve pas moins d'une dizaine de types différents. Pour Java, on a décrit plus de 30 espèces, appartenant à diverses familles : Orchidées (10 genres, 20 espèces environ), Burmanniacées

[1] Ainsi par exemple, dans le Jura savoisien, le buis abonde au Mont Vuache, tandis qu'il manque à la Balme de Sillingy dans des conditions identiques de terrain, d'exposition et d'altitude, et cela seulement à une douzaine de kilomètres de distance à vol d'oiseau.

[2] Stoll. Ueber xerothermische Relikte in der Schweizer Fauna der Wirbellosen. *Festschr. geogr. ethnogr. Ges. Zürich,* 1901.

(4 genres, 10 espèces), Triuridacées (1 genre, 3 espèces), Gentianacées (1 genre, 1 espèce), Polygalacées (1 genre, 2 espèces). Il est intéressant de constater que le travail d'ensemble sur les Saprophytes des Indes-Occidentales de Johow ne cite qu'un petit nombre d'Orchidées. 5 Burmanniacées, 1 *Sciaphila* (Triuridacée) et 5 espèces de *Voyria* (Gentianacées voisines de notre *Cotylanthera*).

Lors de son séjour à Java, M. le Prof. Ernst, de Zurich, m'a proposé de faire, avec lui, l'étude des types que nous avions récoltés, et des quelques échantillons rapportés de Nouvelle-Guinée par le Dr Versteeg. En outre, et à titre de comparaison, nous examinerons quelques types autophytes proches parents des saprophytes que nous possédons.

Morphologiquement, ces plantes se distinguent par leur petiet taille ; pourtant, les Orchidées du genre *Galeola*, peuvent atteindre à des dimensions relativement considérables ; elles sont caractérisées par l'absence de couleur verte, et par la présence de pigments diversement colorés, puis par leurs feuilles réduites à de très petites écailles éparses sur la tige. Les Burmanniacées, entre autres, sont fort élégantes et parmi elles, les *Thismia*, dont les parties aériennes peuvent n'avoir que quelques centimètres de haut, sont tout particulièrement gracieuses ; leur corolle est surmontée de longues pointes grêles ou d'une sorte de petite mitre.

Au point de vue anatomique, il n'y a guère de caractères communs à l'ensemble de ces plantes, si ce n'est la délicatesse de tissus, et l'absence dans les feuilles d'assises palissadiques et de stomates.

L'embryologie ne nous a pas montré jusqu'ici de caractères qui puissent être interprêtés comme constants et comme étant en relation avec le mode de vie, si ce n'est — caractère dont la signification nous échappe encore — la réduction des antipodes, constatée également chez des plantes parasites que nous avons étudiées antérieurement.

Nous avons jusqu'ici plus spécialement porté notre attention sur les Burmanniacées, dont les graines, petites, sont pourvues d'un albumen bien caractérisé. Treub qui, le premier, a mis ce fait en évidence, en a tiré un argument pour séparer les Burmanniacées des Orchidées et les rapprocher des Taccacées. A la partie inférieure de l'albumen, un appareil spécial, que nous avons appelé « appareil basilaire », joue peut-être un rôle dans la conduction des substances nutritives. Il a la même origine que la cellule-suçoir de l'albumen de *Lathræa* et d'autres Scrophulariacées : le noyau secondaire du sac s'étant divisé, il donne naissance à deux noyaux, dont le supérieur se divisera pour donner l'albumen et dont l'inférieur restera indivis ou se divisera très peu, pour devenir le ou les noyaux de l'appareil basilaire.

Si les organes aériens ne nous ont pas montré de détails permettant d'établir une loi générale entre les diverses saprophytes, les organes souterrains par contre ont été, à cet égard, plus intéressants. La plupart d'entre eux se distinguent par des dimensions considérables, relativement à la petitesse des organes aériens. Ce sont des rhizomes charnus, parfois énormes, simples ou ramifiés, ou biens des racines lobées, coralloïdes, renflées, etc. Les cellules corticales de ces organes sont, pour la plupart, farcies de filaments mycéliens vivant en symbiose avec la phanérogame. Ces associations d'organismes ont été nommées *mycorrhizes* ; très vraisemblablement, le champignon emprunte à la plante supérieure des substances élaborées, sans doute des albuminoïdes, tandis que la phanérogame, incapable de tirer son carbone de l'air, le reçoit du champignon qui va le chercher dans les substances organiques de l'humus. Quoique des expériences méthodiques ne soient pas encore venues démontrer la justesse absolue de cette opinion, certains faits semblent appuyer cette théorie : une Orchidée, le *Didymoplexis*, par exemple, forme sous le sol de longs cordons portant ici et là des renflements plus ou moins irréguliers, retenus aux débris végétaux de l'humus par une sorte de feutre blanc ; celui-ci est constitué par les hyphes du même mycélium qui remplit les cellules des mycorrhizes. Des expériences basées sur des cultures pures du champignon permettront seules d'élucider les divers problèmes qui se posent au cours de l'étude de ces intéressants organismes.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Prof. Sen. AUGUSTO RIGHI. SULLA SCARICA A SCINTILLA IN UN GAS RAREFATTO E SULLA SUA TRASFORMAZIONE IN FASCIO DI RAGGI MAGNETICI. Memoria letta alla R. Accad. delle Sc. dell' Istituto di Bologna nella Sessione del 22 nov. 1911, in-4° (con 12 fig., 6 delle quali unite in una tavola). Tipografia Gamberini e Parmeggiani. Bologna 1911.

Cet important mémoire, du professeur Righi, décrit les dispositifs et les résultats des nouvelles expériences qu'il a imaginées et exécutées, toujours dans le but de trouver l'*expérimentum crucis,* donnant la confirmation expérimentale à son hypothèse sur la manière d'être des rayons magnétiques, qu'il avait obtenus premièrement à l'aide du faisceau cathodique, transformé partiellement sous l'action d'un puissant champ magnétique longitudinal. Dans le dispositif actuel il a obtenu la même formation à l'aide de la simple étincelle, ou décharge disruptive lumineuse dans un gaz raréfié. En modifiant la forme des tubes à vide et des électrodes, qui sont ici des fils métalliques, simplement arrondis aux extrémités polaires, droits ou recourbés et renfermés, jusqu'à tout près de leur extrémité, en un tube de verre constituant une gaine isolante. Mais, pour obtenir la décharge lumineuse que dévie et semble souffler le flux des lignes de force, magnétiques, sortant du pôle de l'électroaimant, comme le montrent les illustrations par la photographie, il a dû fermer le circuit sur un puissant condensateur constitué par 108 grandes jarres, réunies en 6 batteries, chacune de 18 jarres, disposées de façon à permettre de placer les 6 batteries en cascade, en employant pour chacune de 1 à 18 bouteilles, ou encore de former 2 batteries en cascade de 54 jarres, ou enfin une batterie unique. La capacité du système varie ainsi entre environ 1000 et 680 000 U. E. S. Comme source électrique il utilise une machine de Holtz à 4 grands disques, dont les 2 mobiles sont mis en rotation à la vitesse de 12 tours à la seconde par un moteur électrique. Les décharges ont lieu dans un récipient communiquant avec une machine pneumatique (pompe

rotative à mercure de Gæde, et pompe à enveloppes accouplées). Naturellement, pour obtenir les décharges disruptives intérieures, le circuit est interrompu par un spintéromètre, permettant de produire et de régler des décharges extérieures dans l'air. M. Righi poursuivra ces recherches qui ont donné quelques curieux résultats dont il cherche l'explication.

Th. T.

H. Weber. Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. II. Band. 1 vol. in-8°. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1912.

Le deuxième volume de l'ouvrage de M. H. Weber paraît, en seconde édition, une année après le premier dont nous avons rendu compte ici même. Si la première partie de l'ouvrage n'a subi qu'un nombre relativement petit de modifications, la seconde en revanche se trouve, dans la nouvelle édition, sensiblement étendue et améliorée. L'auteur, soucieux de tenir son traité au courant des progrès récents de la Physique mathématique, a consacré d'importants suppléments aux théories les plus modernes. C'est ainsi que le problème des membranes vibrantes sert d'occasion à un aperçu, un peu trop bref à notre sens pour l'importance du sujet, de la méthode des équations intégrales. Le quatrième livre, sur les oscillations électriques, s'enrichit de plusieurs compléments étendus, et deux paragraphes, dus à la plume de M. R. Gans, exposent la théorie des électrons et des potentiels retardés. Le chapitre consacré à la théorie de la relativité et à l'interprétation d'après cette théorie de l'expérience classique de Michelson et Morley est également nouveau.

L'auteur a encore entièrement transformé la rédaction de plusieurs sections où s'étaient glissées, dans la précédente édition, des erreurs parfois gênantes. Ainsi le chapitre consacré aux fonctions oscillantes définies par des équations différentielles du second ordre, est remis au point; de même le dernier de l'ouvrage où se trouvent discutées plus à fond les théories de Riemann, Hugoniot, Lord Rayleigh, etc... sur la propagation des ondes planes d'amplitude finie.

Toutes ces additions augmentent d'une cinquantaine de pages le traité de M. H. Weber, qui est destiné, mieux que jamais, à rendre, comme introduction à la Physique mathématique, de grands services aux physiciens et mathématiciens.

C. C.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1911

Septembre

234. Allemann (O.) und Müller (W.). Ueber den Chemismus der Labwirkung mit besonderer Berücksichtigung der Emmentalerkäsefabrikation. Liebefeld-Bern. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Milchwirtschaftl. Zentralbl.* **7.** 385.

235. Baragiola (W. I.). Beitrag zur Kenntnis des Hefen-oder Trubweins. Wädenswil. Chem. Abt. des schweiz. Versuchsanstalt. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 519.

236. Birencweig (Gabryela). Zur Kenntnis der Karbonsäuren. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

237. Bistrzycki (A.), Paulus (J.) und Perrin (R.). Die Kondensation von p- und o-Methoxy-mandelsäurenitril mit Phenolen und Phenoläthern. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2596.

238. Ciechomski (Leon). Die Absorptionsspektren einiger verflüssigter Gase im Ultraviolett. *Dissert.* Freiburg (Prof. von Kowalski).

239. Dzierzbicki (Joseph Anton). Ueber die Phosphorescenzspektren einiger aromatischer Verbindungen bei niedriger Temperatur. *Dissert.* Freiburg (Prof. von Kowalski).

240. Enz (H.). Zum Nachweis des Thujons im Absinth. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 507.

241. Kade (Fritz). Zur Synthese des Lecithins. *Dissert.* Zürich (Dr Grün).

242. Kaufmann (Adolf) und Pla y Janini (J. M.). Zur Konstitution der Pseudobasen des Chinolins. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2670.

243. Kehrmann (F.). Ueber die beiden Formen des Orthochinons. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2632.

244. Kehrmann (F.) und Masslenikoff. Ueber ein drittes Isomeres des Aposafranins. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2628.

245. Koestler (G.). Ueber Labstärkebestimmung. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Schweiz. Milch-Zeitung* **1911.** N° 78.

246. Kreis (Hans). Zur Bestimmung der Reichert-Meisslschen Zahl mittels Glycerin-Kalilauge. Basel. — *Chem.-Zeitung* **35.** 1053.

247. Lapinsky (J.). Die Beeinflussung der Zersetzung des Zuckers durch die Hefe mittelst des Solenoids. *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

248. Lipinski (A. V.). Ueber Blausäurebildung im elektrischen Hochspannungslichtbogen. Zürich. Metallurgisches Lab. — *Zeitschr. Elektroch.* **17.** 761.

249. Mellet (R.). Un nouvel indicateur volumétrique. Lausanne. — *Monit. scient.* **1911.** 576.

250. Müller (Fritz G.). Zur Kenntnis der Orthochinone. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

251. Oswald (Adolf). Gewinnung von 3,5-Dijodtyrosin aus Jodeiweiss. Gewinnung desselben aus Jodcasein. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **74.** 290.

252. Oswald (Adolf). Bemerkungen zu Henzes Mitteilung : Zur Geschichte der Jodgorgonsäure. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **74.** 299.

253. Pfeffer (Ernst). Etude sur l'ascension capillaire des matières colorantes dans les tissus végétaux et animaux. *Thèse.* Lausanne (Prof. Pelet).

254. Pfeiffer (P.). Zur Kenntnis der Farblacke. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2653.

255. Pictet (Amé) und Gams (Alfons). Synthese des Berberins. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2480.

256. Pictet (Amé) und Ramseyer (Louis). Ueber einen Bestandteil der Steinkohle. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2486.

257. Prager (Siegfried). Ueber komplexe Platinsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

258. Reverdin (Frédéric). Nitrierung der Nitrobenzoylderivate (o, m und p) des p-Anisidins. Genf. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 2362.

259. Rupe (H.) und Kerkovius (W.). Tetramethyl-cyclo-heptatrien. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2702.

260. Schaffer (F.) und Fellenberg (Th. von). Zur Unterscheidung der Butterarten. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **2.** 209.

261. Siegrist (Hans). Contribution à l'étude des phénomènes d'adsorption. *Thèse.* Lausanne (Prof. Pelet).

262. Sjöstedt (Philippe). Sur l'oxydation électrolytique de quelques sulfures aromatiques. *Thèse*. Bâle (Prof. Fichter).

263. Tunmann (O.). Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie. Der Nachweis des Aesculins durch Mikrosublimation, speziell für die Diagnose des Rhizoma Gelsemii, nebst Bemerkungen über die Anatomie dieser Droge. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **26.** 812.

264. Walter (Johann). Einige Beobachtungen am Petroleum. Genf. — *Oesterr. Chem.-Zeitung* **29.** 129.

265. Weisse (Gottfried von). Dosages volumétriques avec l'électromètre comme indicateur. *Thèse*. Lausanne (Prof. Dutoit).

266. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2445.

Octobre

267. Ackermann (Edwin). Ueber die Beziehungen des Lichtbrechungsvermögens und des spezifischen Gewichtes des Milchserums. Genf. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **22.** 405.

268. Bamberger (Eug.) und Blangey (Louis). Ueber die Einwirkung von Methylmagnesiumjodid auf p-Xylo- und Toluchinon. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **384.** 272.

269. Baragiola (W. I.) und Godet (Ch.). Beitrag zur Kenntnis schweizerischer Weinbergsböden. Bodenbeschaffenheit des Versuchsweinbergs für Rebveredelung in Wädenswil. — *Landw. Jahrb.* **1911.** 213.

270. Battelli (F.) und Stern (L.). Zur Kenntnis des Antipneumins. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **36.** 114.

271. Baudisch (Oskar). Entwicklung von Färbungen auf der Faser durch Lichtenergie. Zürich. — *Chem.-Zeitg.* **35.** 1142.

272. Baume (Georges) et Germann (Albert F. O.). Courbes de fusibilité des mélanges gazeux : systèmes oxoniens formés par l'acétylène, l'éthylène, l'oxyde azotique et l'oxyde de méthyle. Genève. — *Comptes rendus* **153.** 569.

273. Besson (A. A.). Ueber Milchsäure-Analyse. Basel. — *Chem.-Zeitung* **35.** 1209.

274. Bürgin (James). Die Reduktion des Pulegensäure-Esters. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

275. Burri (R.) und Schmid (H.). Die Beeinflussung des Verlaufs der sog. Schardinger-Reaktion durch die Kühlung der Milch. Bern-Lieberfeld. Schweiz. milchwirtschaftl. Versuchsanstalt. — *Biochem. Zeitschr.* **36.** 376.

276. Cappenberg (H.). Eine einfache und sichere Methode für die Bestimmung der Halogene (Chlor, Brom, Jod) in Lipoiden. Wädenswil. — *Pharm. Zeitung* **56.** 677 und *Chem.-Zeitung* **35.** 999.

277. Decker (Herman) und Kaufmann (Adolf). Ueber cyclische Ammoniumbasen. Hannover und Genf. — *J. prakt. Ch.* **84.** 219. 425.

278. Dutoit (Paul) et Weisse (Gottfried von). Volumétrie physico-chimique. Précipitations suivies par les différences de potentiel. Lausanne. — *J. ch. phys.* **9.** 578.

279. Dutoit (Paul) et Weisse (Gottfried von). Volumétrie physico-chimique. Dosage du cuivre et de l'argent. Lausanne. — *J. ch. phys.* **9.** 608.

280. Dutoit (Paul) et Weisse (Gottfried von). Volumétrie physico-chimique. Dosage et séparation des halogénures. Lausanne. — *J. ch. phys.* **9.** 630.

281. Escher (Robert von). Untersuchungen über Hexahydrotriphenylmethan und Dichlortetraphenylaethan. *Dissert.* Zürich (Dr Schmidlin).

282. Fiechter (A.). Ueber die Darstellung von tintenbildenden Körper. Basel. — *Chem.-Zeitung* **35.** 1066.

283. Glogowski (J.). Zur Kenntnis der Cumarongruppe. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

284. Goflin (Chassja). Wird die Umwandlung der Stärke in Traubenzucker mit Ptyalin, pflanzlicher Diastase und Pancreatin durch das Solenoid begüngstigt? *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

285. Golblum (Henryk). Beitrag zur Bestimmung der Perchlorsäure in gewissen Perchloraten. Genf. Chem.-anal. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **50.** 741.

286. Guye (Ph. A.). Complexité moléculaire dans l'état liquide. Genève. Lab. de ch. théorique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **9.** 505.

287. Huber (Paul). Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Birnen- und Aepfelsamen. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Landw. Vers.-Station.* **75.** 443.

288. Huber (Paul). Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt einiger Kern- und Steinobstsamen an blausäureliefernden Substanzen. Wädenswil. Schweiz. Versuchsanstalt. — *Landw. Vers.-Stationen* **75.** 462.

289. Hueni (Ernst). Ueber die Oxydation des Phytols. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

290. Kym (O.). Beitrag zur Kenntnis der Benz-Imidazole und Benz-Oxazole und deren Azofarbstoffderivate. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2919.

291. LEE (Léonard). Le pantopon. Etude pharmacodynamique. *Thèse*. Genève (Prof. Mayor).

292. MARZEL (Josef). Ueber Methinammonium-farbstoffe. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

293. PICTET (Amé) et SPENGLER (Théodore). Sur un nouveau mode de formation des bases isoquinoliques tétrahydrogénées. Genève. Lab. de ch. organ. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **32.** 338.

294. RAPPOPORT (Chassia). Ueber die Opium-Urethancombination. *Dissert.* Bern (Prof. Bürgi).

295. REVERDIN (Frédéric) et LUC (Armand de). Constitution de l'éther monométhylique de la dinitrohydroquinone de Weselsky et Benedikt. Préparation de quelques dérivés méthylés des dinitro-p-anisidines. Genève. Lab. de ch. organ. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **32.** 343 et *Bull. de la Soc. chimique* **9.** 925.

296. REVERDIN (Frédéric) und LUC (Armand de). Konstitution des Monomethyläthers des Dinitrohydrochinons von Weselsky und Benedikt. Darstellung einiger Methylderivate der Dinitro-p-anisidine. Genf. Organ.-chem. Lab. der Univ. — *J. prakt. Ch.* **84.** 554.

297. ROSENKNOPF (Boruch). Beitrag zur Kenntnis der Benzoylcumarone. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

298. STUTZ (Carl). Ueber die Bildung von Harnstoff bei der Elektrolyse mit Gleichstrom und über Acetamidinnitrat. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

299. SYPKENS-TOXOPÉUS (Willem). Beiträge zur Kenntnis des Frangula-Emodins. *Dissert.* Bern (Prof. Oesterle).

300. VTORYCH (Marie). Les réactions propeptoniques. *Thèse*. Lausanne (Prof. Arthus).

301. WUNDER (M.) und JEANNERET (B.). Ueber die Trennung des Zirkoniums von Eisen und Aluminium, sowie eine neue Methode der Analyse für Ferrozirkone. Genf. Lab. für anal. Ch. der Univ. — *Zeitschr. anal. Ch.* **50.** 733.

Novembre

302. ADJAROVA-TOMILOVA (Raïssa). De la détermination du sulfure de carbone dans l'air. *Thèse*. Genève (Prof. Cristiani).

303. ALLEMANN (O.) und KÜRSTEINER (J.). Die Ursache einer schwärzlichen Missfärbung des Emmentalerkäseteiges. Bern-Liebefeld. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Molkerei-Zeitung* **21.** 566.

304. ARRAGON (Ch.). La capsule de quartz substituée à celle de platine pour le dosage de l'extrait direct et des matières minérales dans les vins. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 633.

305. Bamberger (Eug.). Ueber die Beziehungen zwischen Bisnitroso-Verbindungen und Arylnitroso-hydroxylaminen. Zürich. Anal.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **44.** 3066.

306. Berner (Agnes). Versuche über die narkotischen Eigenschaften der Solanaceen. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitsch. exper. Pathol.* **9.** 571.

307. Bielinki (Chaim). Zur Kenntnis der Cumaranketone. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

308. Bloch (Bruno). Experimentelle Studien über das Wesen der Jodoformidiosynkrasie. Basel. Dermatol. Abteil. der med. Klinik. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **9.** 509.

309. Briner (E.) et Wroczynski (A.). Transformations chimiques dans les systèmes gazeux comprimés. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **32.** 389.

310. Burmann (James). Sur la présence du manganèse dans la digitale pourpre. Aigle. — *J. suisse de chimie* **49.** 562 et *Bull. de la Soc. chimique* **9.** 957.

311. Cramer (Carl). Ueber Anilinschwarz. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

312. Fellenberg (Th. von). Ueber Invertase und Diastase im Honig. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **2.** 369.

313. Fischhændler (Abram). Untersuchungen am Zinkoxyd. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

314. Gazarian (G. Ter). Sur une relation générale entre les propriétés physiques des corps : application aux densités. Genève. — *Comptes rendus* **153.** 871.

315. Gazarian (G. Ter). Sur une relation générale entre les propriétés des corps : application à la viscosité, la capillarité, l'énergie superficielle, la chaleur de vaporisation, le diamètre rectiligne. Genève. — *Comptes rendus* **153.** 1071.

316. Hug (Ernst). Die Isolierung von reinem Chlorophyll. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

317. Jurrissen (Alphonsus Wilhelmus). Ueber Schwefelstickstoffsäuren und die Analyse mit dem Zersetzungskolben. *Dissert.* Zürich (Dr Berl).

318. Kehrmann (F.) und Löwy (L.). Ueber 1-Amino-phenazoxonium. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Ber.* **44.** 3006.

319. Kehrmann (F.) und Steinberg (J.). Ueber einige Derivate des 1.3-Diamino-phenazthioniums. Lausanne. Organ. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 3011.

320. Köstler (G.). Ueber die Katalaseprobe. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Molkerei-Zeitung* **21.** 541.

321. KOPACZEWSKI (W.). Einfluss verschiedener Säuren auf die Hydrolyse der Maltose durch Maltase. *Dissert.* Freiburg (Prof. Dhéré).

322. KOWALSKI (Joseph von). Untersuchungen über Phosphorescenz organischer Verbindungen bei tiefen Temperaturen. Freiburg. — *Physikal. Zeitschr.* **12.** 956.

323. KUH (Erwin). Die Darstellung des chemisch reinen Mangans und die Bestimmung der wichtigsten physikalischen Konstanten desselben. *Dissert.* Zürich (Prof. Weiss).

324. LIFSCHITZ (Chaja Feiga). Wird die Wirkung des Pepsins auf das Eiweiss durch das Solenoid begünstigt? *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

325. LŒWY (Ludwig). Untersuchungen über Azoxonium-Farbstoffe und Thiopyronine. *Dissert.* Lausanne (Prof. Kehrmann).

326. MACHENBAUM (Stanislaus). Ueber den Brasil-Copal und über den Columbia-Copal. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

327. MARON (D.) und SALZBERG (D.). Konstitution des durch Nitrieren erhältlichen Nitro-2.6-dimethyl-benzimidazol. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 2999.

328. MIECZYNSKI (Tadeusz). Eine neue Synthese von p-Aminotriarylcarbinolen und verwandten Verbindungen. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

329. MODEL (Samuel). Ueber Doppelhalogenide des Zinks und Mangans. *Dissert.* Bern (Dr Ephraim).

330. OESTERLE (O. A.). Ueber die Konstitution des Rheïns. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 661.

331. OESTREICHER (Ernst). Ueber die Reduktion der Semikarbazone und Darstellung der 1.3.5-Oxytriazole. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

382. OSWALD (Adolf). Gewinnung von 3,5-Dijodtyrosin aus Jodeiweiss. Die Verhältnisse beim Gorgonin und Spongin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **75.** 353.

333. PETER (A.). Einige praktische Erfahrungen und Beobachtungen im Käserei- und Molkereibetrieb. Rütti-Zollikofen, bernische Molkereischule. — *Molkerei-Zeitung* **21.** 529.

334. PICTET (Amé) et GAMS (Alphonse). Synthèse de la berbérine. Genève. Lab. de ch. organ. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **32.** 373.

335. PHILIPPE (E.). Zum Nachweis von Benzoësäure und Salizylsäure im Milch. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **2.** 377.

336. ROTH (O.) und HERZFELD (E.). Ueber das Vorkommen von Urobilin und Bilirubin im menschlichen Blutserum. Zürich. Med. Klinik der Univ. — *Deutsche med. Wochenschr.* **37.** 2129.

337. Schapira (Max Mordcho). Sur quelques dérivés de l'orthotoluidine. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

338. Schargorodsky (Dvoira). Ueber die diuretische Wirkung des Quecksilbers. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **9.** 562.

339. Schermann (Sara). Wird die Zerlegung des Wasserstoffsuperoxyds durch das Platinmohr im Solenoid begünstigt oder nicht? *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

340. Staub (W.). Die Ursachen der rothbraunen Rindenfärbung bei Emmentalerkäsen. Bern-Liebefeld. Scheiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Molkerei-Zeitung* **21.** 553.

341. Tambor (J.). Studien in der Gruppe des Cumarons. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 3215.

342. Toggenburg (F.). Zur Kenntnis der massanalytischen Hg-Bestimmung nach Denigès. Zürich. Lab. der Firma Niggli und Co. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 641.

343. Trachtmann (Lubow). Action de la salive sur le lait. *Thèse.* Lausanne (Prof. Arthus).

344. Utzinger (Max). Ueber die ersten Umwandlungen des Chlorophylls. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

345. Verda (A.). Sur le dosage des acides volatils dans le vin. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 685.

346. Waser (Ernst). Ueber Derivate des Cyclooctans. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

347. Werner (A.). Ueber Spiegelbildisomerie bei Chromverbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 3132.

348. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 3272. 3279.

349. Wezrumba (Marie). Ueber eine prinzipiell neue (jodometrische) Methode zur Bestimmung der Säure des Magensaftes und ihre klinischen Vorteile. *Dissert.* Bern (Prof. Sahli).

350. Willstætter (Richard) und Asahina (Yasuhiko). Ueber die Reduktion des Chlorophylls. Zürich. Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Annalen* **385.** 188.

351. Willstætter (Richard), Stoll (Arthur) und Utzinger (Max). Absorptionsspektra der Komponenten und ersten Derivate des Chlorophylls. Zürich. Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Annalen* **385.** 156.

353. Winterstein (E.) und Blau (H.). Beiträge zur Kenntnis der Saponine. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **75.** 410.

353. Zangger (H.). Eine neue einfache Methode zur Bestimmung der Avogadro'schen Zahl N. Zürich. Gerichtlich-med. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Kolloide* **9.** 216.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1912

Le 1, gelée blanche le matin.
2, neige de 8 h. 30 m. du matin à 3 h. du soir ; hauteur 16 cm., pluie depuis 4 h. du soir, fort vent à 10 h. du soir.
Le minimum de pression 700mm.00, le 2 février à 9 h. 3/4 du soir, est le **minimum absolu de Genève**, depuis que les observations de baromètre se font à l'observatoire, soit depuis 1836.
4, neige le matin jusqu'à 3 h. 30 m. du soir ; haut. 11 cm.
5, neige de 10 h. du matin à 1 h. du soir ; haut. 6 cm.
7, pluie à 7 h. du matin.
8, gelée blanche le matin.
9, pluie dans la nuit ; à 7 h. et à 9 h. du soir.
10, pluie dans la nuit ; à 9 h. et à 10 h. du soir.
11, pluie dans la nuit et de 1 h. à 9 h. du soir.
12, fort vent à 1 h. du soir.
13, gelée blanche le matin ; pluie dans la soirée.
14, gelée blanche le matin.
15, pluie dans la nuit.
les 16, 17 et 18, gelée blanche le matin.
le 20, pluie dans la nuit ; à 7 h. et à 9 h. du matin ; averse à 3 h. du soir ; fort vent dans la journée.
21, gelée blanche le matin.
24, fort vent à 1 h. du soir.
25, pluie dans la nuit et à 9 h. du soir.
26, pluie dans la nuit.
28, gelée blanche le matin.
29, gelée blanche le matin ; fort vent l'après-midi ; pluie à 9 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 33 cm., tombés en 3 jours.

GENÈVE — FÉVRIER 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'insolation	Pluie	
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	23.0	19.6	14.9	20.28	− 7.17	13.7	26.0	W. 0	SW. 1	SSW. 1	calme	1.1	5	2	9	5	7.6	....	....
2	7.0	4.0	0.1	**5.21**	**−22.20**	**0.0**	12.2	NNW. 1	SSW. 1	SW. 1	var.	3.1	10	10	10	10	...	**19.3**	**12**
3	8.1	12.0	14.8	10.28	−17.08	3.3	14.9	W. 1	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 1	**13.1**	9	4	0	4	4.5	....	....
4	13.7	13.7	13.5	13.57	−13.74	12.9	14.2	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	8.6	10	10	10	10	....	2.5	9
5	12.5	14.0	13.9	13.45	−13.81	12.5	14.1	SSW. 1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	2.3	10	10	10	8	1.5	4.5	3
6	14.5	14.1	14.7	14.32	−12.89	13.4	14.9	WSW. 0	WNW. 0	SW. 0	calme	1.2	10	4	10	8	4.9	0.9	1
7	18.1	18.0	17.2	17.28	− 9.88	15.2	18.4	SW. 1	N. 1	W. 0	N. 1	2.5	10	5	0	3	6.6	....	....
8	13.9	13.9	11.8	13.88	−13.23	11.4	16.3	NE 1	N. 0	W. 1	calme	1.3	10	10	10	10	0.2	0.3	1
9	11.6	12.6	15.9	12.99	−14.06	11.5	17.0	NNW. 0	NNW. 1	SW. 1	var.	5.0	5	9	10	8	4.7	0.6	3
10	16.9	16.0	14.7	15.92	−11.08	13.2	17.8	NNW. 0	N. 1	W. 1	N. 1	2.1	9	3	10	8	6.2	13.1	6
11	15.9	16.2	19.5	17.16	− 9.78	15.6	21.7	WSW. 1	NW. 0	SW. 1	var.	2.7	4	10	10	8	1.4	4.5	9
12	25.1	25.5	26.1	25.09	− 1.79	22.7	26.1	WNW. 0	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	6.9	10	2	5	5	7.2	....	....
13	25.8	25.2	24.7	25.21	− 1.61	24.1	25.9	SW. 1	SW. 1	SW. 0	calme	1.6	10	9	10	9	...	0.5	1
14	25.6	25.3	26.0	25.64	− 1.12	25.4	26.5	SW. 1	SW. 1	SE. 1	var.	2.1	2	4	7	6	4.9	1.8	2
15	28.6	30.3	32.3	29.82	+ 3.12	26.6	32.9	WNW. 0	N. 1	NW 0	N. 1	4.0	5	3	0	2	8.2	...	...
16	34.3	33.9	33.9	33.93	+ 7.29	33.2	34.8	SSW. 1	N. 1	NNE. 0	var.	3.1	3	1	0	1	8.8	...	....
17	34.0	33.1	32.4	33.31	+ 6.73	32.1	34.4	S. 1	N. 1	SW. 0	calme	1.5	2	2	0	1	9.1	....	....
18	30.4	28.4	26.3	28.81	+ 2.29	25.7	31.6	SW. 1	NNW. 1	NW. 1	NW. 1	2.3	3	9	5	7	2.9	....	....
19	22.9	20.8	23.6	23.03	− 3.43	20.8	25.7	N. 1	NW. 1	SW. 1	var.	3.6	10	10	10	10	0.1	4.3	4
20	21.6	25.7	26.7	25.27	− 1.12	24.0	27.1	WSW. 1	SSW. 2	NNW. 1	SSW. 1	11.2	10	9	5	9	3.3	1.6	3
21	27.4	28.5	30.4	28.25	+ 1.92	26.4	31.2	SSW. 1	SSW. 1	SW. 1	calme	1.6	7	6	4	9	3.9	....	....
22	32.8	33.5	35.1	33.50	+ 7.23	32.2	35.5	SW. 1	N. 1	N. 0	N. 1	2.7	7	5	2	4	8.9	...	....
23	34.2	32.3	31.0	32.86	+ 6.66	30.0	34.7	NNW 1	WNW. 0	SW. 1	SSW. 1	3.2	4	9	10	7	4.8	....	...
24	30.0	29.2	27.0	29.02	+ 2.88	27.0	30.1	WSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	8.4	9	7	9	7	5.2	0.1	1
25	28.2	26.5	26.2	26.97	+ 0.89	25.0	28.2	SW. 1	NW. 1	N. 1	N. 1	2.8	3	10	10	9	1.2	5.5	8
26	28.9	29.2	33.8	29.77	+ 3.76	26.8	33.8	E. 1	SSW. 1	WSW. 1	WSW. 1	2.6	10	6	3	6	5.8	....	....
27	35.4	36.6	37.1	**35.99**	**+10.04**	34.2	**37.5**	NE. 1	WSW. 1	NNW. 1	calme	1.4	4	5	0	4	8.2	...	....
28	37.1	35.5	34.5	35.87	+ 9.98	33.8	37.4	SSW. 1	NNW. 1	NNW. 0	NNW. 1	2.3	0	0	0	0	**10.0**	....	....
29	33.0	30.8	32.9	32.40	+ 6.51	30.4	34.3	SSW 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	8.1	0	8	10	6	6.5	0.2	....
Mois	23.91	23.59	23.83	23.76	− 3.08							3.87	6.6	6.3	6.2	6.4	136.6	59.7	63

GENÈVE — FÉVRIER 1912

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	− 5.5	+ 4.5	− 0.2	− 0.95	− 1.40	− 6.1	+ 5.4	90	34	85	73	−11	**32**	91	4.9	+ 0.1	1400
2	+ 0.8	0.0	+ 3.8	+ 1.19	+ 0.68	− 0.6	5.7	85	96	93	**93**	+ 9	80	98	5.0	+ 0.2	1420
3	− 0.6	− 0.1	− 4.2	− 0.97	− 1.55	− 5.0	+ 3.0	85	71	67	82	− 2	66	97	5.0	+ 0.2	1420
4	− 6.1	− 6.0	− 5.1	− **5.57**	− **6.22**	− 6.8	− 1.8	90	95	90	88	+ 4	80	96	—	—	1485
5	− 7.0	− 2.9	− 3.2	− 3.71	− 4.46	− **7.4**	+ 2.2	93	92	95	90	+ 6	85	96	4.6	− 0.2	1380
6	− 2.3	+ 2.7	+ 2.1	+ 0.51	− 0.29	− 3.5	5.4	95	83	88	89	+ 5	80	97	4.6	− 0.2	1370
7	+ 2.7	6.4	2.3	3.84	+ 2.97	+ 1.1	8.2	92	76	95	86	+ 2	69	96	5.1	+ 0.3	1375
8	− 0.1	4.7	3.4	1.99	+ 1.04	− 1.6	5.2	96	80	90	91	+ 8	80	96	5.2	+ 0.4	1330
9	+ 6.5	10.2	6.5	7.21	+ 6.18	+ 2.6	13.0	79	56	82	73	−10	55	85	5.2	+ 0.3	1355
10	4.5	8.6	5.2	6.11	+ 5.00	4.0	10.3	92	67	100	85	+ 2	65	100	5.5	+ 0.6	1340
11	2.7	5.1	5.2	4.77	+ 3.57	2.5	6.4	96	97	84	**93**	**+10**	80	100	—	—	1395
12	3.7	11.3	5.8	6.85	+ 5.57	3.0	11.8	90	38	70	66	−17	35	90	5.4	+ 0.5	1350
13	2.0	7.8	5.8	4.96	+ 3.59	1.3	8.4	84	65	79	77	− 5	61	89	5.4	+ 0.5	1390
14	1.0	11.0	4.7	5.13	+ 3.67	0.2	11.4	96	50	80	81	− 1	48	97	5.5	+ 0.5	1355
15	+ 1.6	6.8	2.4	3.93	+ 2.38	+ 1.0	8.0	96	60	86	82	0	52	97	5.5	+ 0.5	1380
16	− 1.3	4.9	2.4	2.06	+ 0.42	− 1.8	7.5	92	65	80	76	− 6	48	93	5.4	+ 0.4	1360
17	− 1.3	7.2	2.9	3.09	+ 1.35	− 1.8	9.9	92	53	80	75	− 7	33	93	5.2	+ 0.2	1320
18	− 0.5	7.3	4.5	3.39	+ 1.56	− 0.8	10.1	92	71	90	85	+ 4	60	94	—	—	1325
19	+ 5.2	7.8	4.4	5.47	+ 3.54	+ 3.0	8.8	93	73	83	87	+ 6	70	94	5.5	+ 0.4	1330
20	5.3	8.8	5.5	6.33	+ 4.30	4.0	9.9	79	56	85	73	− 8	54	86	5.6	+ 0.5	1260
21	1.4	11.2	8.3	6.42	+ 4.29	0.8	12.6	95	49	60	70	−11	42	96	6.0	+ 0.9	1270
22	5.8	10.4	7.4	8.00	+ 5.77	4.5	12.8	85	56	79	70	−10	52	86	6.0	+ 0.8	1290
23	3.8	13.5	12.3	8.65	+ 6.32	3.2	15.0	93	56	57	71	− 9	50	94	6.0	+ 0.8	1295
24	10.3	17.0	14.3	**12.92**	**+10.48**	8.5	**17.4**	59	36	47	**54**	**−26**	35	70	6.2	+ 1.0	1220
25	10.5	13.3	10.0	11.24	+ 8.70	8.8	14.8	78	62	89	75	− 5	59	90	—	—	1215
26	8.5	15.6	9.0	10.39	+ 7.71	7.0	**17.4**	96	60	76	80	0	50	96	6.5	+ 1.2	1255
27	4.0	16.3	7.8	8.18	+ 5.42	3.0	16.8	87	46	83	76	− 3	14	90	6.0	+ 0.7	1240
28	1.5	10.0	6.4	5.98	+ 3.11	1.1	12.0	95	60	85	81	+ 2	53	95	6.2	+ 0.8	1230
29	+ 1.1	+15.8	+11.8	8.34	+ 5.47	+ 0.5	+16.5	95	36	71	73	− 6	33	96	6.3	+ 0.9	1265
Mois	+ 2.01	+ 7.90	+ 4.88	+ 4.68	+ 3.08	+ 0.85	+ 9.69	89	64	81	79	− 3			5.51	+ 0.55	1332

MOYENNES DE GENÈVE. — FÉRVIER 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	14.22	14.06	13.93	14.28	13.78	13.16	13.17	13.14	13.72
2e »	26.54	26.62	26.71	26.94	26.43	26.27	26.89	27.42	26.73
3e »	31.52	31.47	31.90	32.19	31.35	30.96	31.60	32.02	31.63
Mois	23.84	23.79	23.91	24.20	23.59	23.21	23.62	23.93	23.76

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	− 0.36	− 0.58	− 0.71	+ 0.84	+ 2.81	+ 3.07	+ 1.62	+ 1.02	+ 0.96
2e »	+ 2.95	+ 2.24	+ 1.84	4.69	7.80	7.72	5.56	3.98	4.60
3e »	6.49	5.07	5.21	8.91	13.68	12.40	10.47	8.97	8.90
Mois	+ 2.91	+ 2.14	+ 2.01	+ 4.67	+ 7.90	+ 7.57	+ 5.72	+ 4.51	+ 4.68

Fraction de saturation en %.

1re décade	89	90	90	84	75	77	85	89	85
2e »	90	90	91	77	63	65	78	83	79
3e »	81	86	87	73	51	56	69	74	72
Mois	87	89	89	78	64	66	78	82	79

Dans ce mois l'air a été calme 167 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{37}{75} = 0.49$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique......	23.78
Nébulosité..................	6.4
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 4°.93
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 4°.92
Fraction de saturation........	78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	26.84
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	36mm.5
Nombre de jours de pluie. (id.).	8
Température moyenne... (id.).	+ 1°.60
Fraction de saturat. (1849-1875).	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	81.2	70.9	69.1	63.2	61.8	62.1	54.6

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	55.1	59.7	64.5	?	55.1	66.2

Insolation à Jussy : 109 h. 4.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1912

Les 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 19, 20, 24, 25 et 26, neige.
2, 10 et 19, fort vent.
4, 5, 6, 7, 8 et 9, vent violent.
3, 15 et 16, très forte bise.

Remarques. — Du 5 au 12 la cage des instruments a dû être encombrée par la neige, car l'hygromètre enregistreur indique d'une façon constante un chiffre inusité de 86 %.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	55.0	54.0	52.5	53.8	− 6.6	51.2	55.3	NE. 2	NE. 1	SW. 0	NE. 1	3	3	5	4	....	....
2	47.0	44.3	41.5	44.3	−16.1	**41.5**	51.1	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	16.6	**25**
3	41.5	43.4	47.0	**44.0**	**−16.4**	41.6	47.6	NE. 1	NE. 4	NE. 1	NE. 2	10	10	0	7	7.0	10
4	48.2	48.9	49.3	48.8	−11.5	47.7	49.4	SW. 4	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	3.2	4
5	49.5	51.4	54.0	51.6	− 8.7	49.4	54.6	SW. 1	SW. 3	SW. 2	SW. 2	5	10	10	8	8.1	13
6	55.6	56.4	57.7	56.6	− 3.7	54.7	58.0	SW. 1	SW. 4	SW. 4	SW. 3	1	10	10	7	9.0	10
7	58.2	59.3	59.5	59.0	− 1.2	58.0	59.6	SW. 3	SW. 4	SW. 4	SW. 1	10	10	10	10	12.7	11
8	57.7	57.7	56.4	57.3	− 2.9	56.0	59.0	SW. 5	SW. 5	SW. 5	SW. 5	10	10	10	10	15.0	12
9	55.1	55.8	54.3	55.1	− 5.1	54.3	56.0	SW. 4	SW. 2	NE. 1	SW. 3	10	10	10	10	6.0	8
10	54.4	54.6	54.5	54.5	− 6.6	54.3	54.6	NE. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	1	10	7	8.0	10
11	54.3	54.2	55.7	54.7	− 5.4	54.2	57.8	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	3	10	10	8	10.5	14
12	60.2	61.2	62.6	61.3	+ 1.3	57.9	62.6	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6	3	0	3	....	....
13	61.6	61.1	60.0	60.9	+ 0.9	59.7	62.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	5	0	5	....	....
14	59.3	59.7	59.8	59.6	− 0.1	59.3	60.1	NE. 1	NE. 1	NE 1	NE. 1	10	10	10	10	4.5	6
15	60.9	62.9	65.7	63.2	+ 3.2	60.2	66.6	NE. 2	NE 2	NE. 1	NE. 2	10	8	0	6	....	....
16	67.0	68.4	69.8	68.4	+ 8.5	66.6	69.8	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	2	0	0	1	....	....
17	69.7	69.8	69.9	69.8	+ 9.9	69.7	69.9	NE. 2	NE. 0	NE. 0	calme	3	0	0	1	....	....
18	68.2	67.0	66.1	67.1	+ 7.2	64.8	69.1	SW. 1	SW. 0	SW. 2	SW. 1	4	5	4	4	....	....
19	62.9	61.2	60.0	61.4	+ 1.5	60.0	64.8	SW. 0	SW. 2	SW. 3	SW 2	5	10	10	8	2.5	2
20	60.0	60.2	61.1	60.5	+ 0.6	60.0	61.1	NE. 0	NE. 0	NE. 0	calme	4	10	0	5	7.0	5
21	61.4	63.0	65.0	63.1	+ 3.3	61.4	66.1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	4	6	2	4	....	....
22	67.4	68.6	70.7	68.9	+ 9.1	66.1	70.8	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	6	0	0	2	....	....
23	71.0	70.8	69.4	70.4	+10.7	68.8	71.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	7	0	4	....	....
24	67.8	67.5	67.0	67.4	+ 7.6	66.6	68.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	8	4	10	7	3.6	6
25	65.6	66.0	64.7	65.5	+ 5.8	64.7	66.6	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	3	10	10	8	**20.0**	**25**
26	65.1	67.0	69.0	67.0	+ 7.3	64.9	69.3	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	5	10	8	0.5	1
27	69.9	72.1	73.2	71.7	+12.0	69.3	**73.2**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	4	5	0	3	....	....
28	72.8	73.1	72.8	**72.9**	**+13.2**	71.8	73.1	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	2	0	0	1	....	....
29	70.8	70.1	69.7	70.2	+10.5	69.6	71.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	10	4	....	....
Mois	60.63	61.02	61.35	61.00	+ 0.76							6.1	6.3	5.6	6.0	134.2	162

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 13.8	− 3.8	− 7.0	− 8.2	+ 0.9	− 17.2	− 3.8	76	28	20	41	20	84
2	− 7.6	− 10.2	− 7.2	− 8.3	+ 0.8	− 13.2	− 5.8	51	86	93	77	47	98
3	− 12.4	− 15.6	− 18.6	− **15.5**	− **6.5**	− **21.0**	− 7.7	91	89	62	81	54	95
4	− 17.2	− 15.8	− 9.4	− 14.1	− 1.8	− 18.5	− 9.1	72	73	74	73	66	78
5	− 10.8	− 7.6	− 7.8	− 8.7	+ 0.3	− 12.0	− 6.9	75	73	74	74	70	78
6	− 8.6	− 5.5	− 5.2	− 6.4	+ 2.6	− 8.8	− 5.0	75	75	76	75	72	76
7	− 4.6	− 4.4	− 5.0	− 4.7	+ 4.3	− 5.2	− 4.2	77	77	77	77	76	78
8	− 5.2	− 4.3	− 4.3	− 4.6	+ 4.4	− 5.3	− 4.0	79	78	79	79	76	80
9	− 5.2	− 3.4	− 4.2	− 4.3	+ 4.7	− 5.5	− 2.8	79	79	79	79	79	80
10	− 6.4	− 5.8	− 6.0	− 6.1	+ 2.9	− 7.2	− 4.6	79	79	79	79	79	80
11	− 7.2	− 4.8	− 7.2	− 6.4	+ 2.5	− 8.0	− 4.3	78	76	76	77	74	80
12	− 9.4	− 5.8	− 8.2	− 7.8	+ 1.1	− 9.8	− 4.5	76	64	42	61	41	80
13	− 9.4	− 7.2	− 8.0	− 8.2	+ 0.7	− 9.5	− 6.7	50	65	70	62	43	78
14	− 9.0	− 6.8	− 9.0	− 8.3	+ 0.5	− 9.5	− 6.4	76	76	74	75	71	80
15	− 10.6	− 8.7	− 9.2	− 9.5	− 0.7	− 10.8	− 7.5	71	70	65	69	60	80
16	− 7.8	− 5.2	− 4.5	− 5.8	+ 3.0	− 9.4	− 2.2	55	28	44	42	22	60
17	− 5.4	+ 1.8	− 2.5	− 2.0	+ 6.8	− 5.8	+ 3.4	33	50	60	48	25	68
18	− 1.8	+ 0.8	− 4.6	− 1.9	+ 6.8	− 5.0	+ 1.8	47	44	58	49	36	60
19	− 6.8	− 5.8	− 7.2	− 6.6	+ 2.1	− 9.0	− 5.0	64	97	96	86	60	100
20	− 8.8	− 3.3	− 9.4	− 7.2	+ 1.4	− 11.0	− 2.5	95	82	76	84	72	98
21	− 10.4	− 8.2	− 6.5	− 8.4	+ 0.2	− 11.2	− 5.2	72	66	91	76	25	96
22	− 6.6	− 3.4	− 4.6	− 4.9	+ 3.7	− 7.4	− 2.0	87	74	68	76	53	94
23	− 1.4	+ 1.4	+ 0.2	+ 0.1	+ 8.6	− 2.6	+ 2.8	67	56	58	60	51	76
24	− 0.9	− 0.2	− 1.2	− 0.8	+ 7.7	− 1.4	+ 2.0	61	70	72	68	53	88
25	− 2.5	+ 0.2	− 1.0	− 1.1	+ 7.3	− 2.7	+ 0.6	80	74	89	81	50	96
26	− 3.6	− 1.0	− 3.6	− 2.7	+ 5.7	− 3.8	+ 1.0	98	88	97	**94**	72	100
27	− 5.6	− 1.3	− 2.4	− 3.1	+ 5.2	− 5.9	− 0.8	78	70	37	62	28	86
28	− 0.6	+ 4.7	− 0.4	+ 1.2	+ 9.5	− 3.0	+ **5.2**	13	11	22	**15**	**10**	35
29	+ 0.6	+ 3.2	+ 0.2	+ **1.3**	+ **9.6**	− 1.0	+ 3.4	14	19	45	26	12	60
Mois	− 6.52	− 4.34	− 5.65	− 5.62	+ 3.11	− 8.22	− 2.79	68	66	67	67		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : – 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	52.23	52.58	52.67	52.49	75	74	71	73
2e »	62.41	62.57	63.10	62.69	64	65	66	65
3e »	67.98	68.69	69.06	68.58	63	59	64	62
Mois	60.63	61.02	61.35	61.00	68	66	67	67

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.18	— 7.64	— 7.47	— 8.10	— 7.94
2e »	— 7.62	— 4.50	— 6.98	— 6.37	— 6.52
3e »	— 3.44	— 0.51	— 2.14	— 2.03	— 2.06
Mois	— 6.86	— 4.34	— 5.65	— 5.62	— 5.62

Dans ce mois l'air a été calme 92 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{48}{96} = 0.50$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

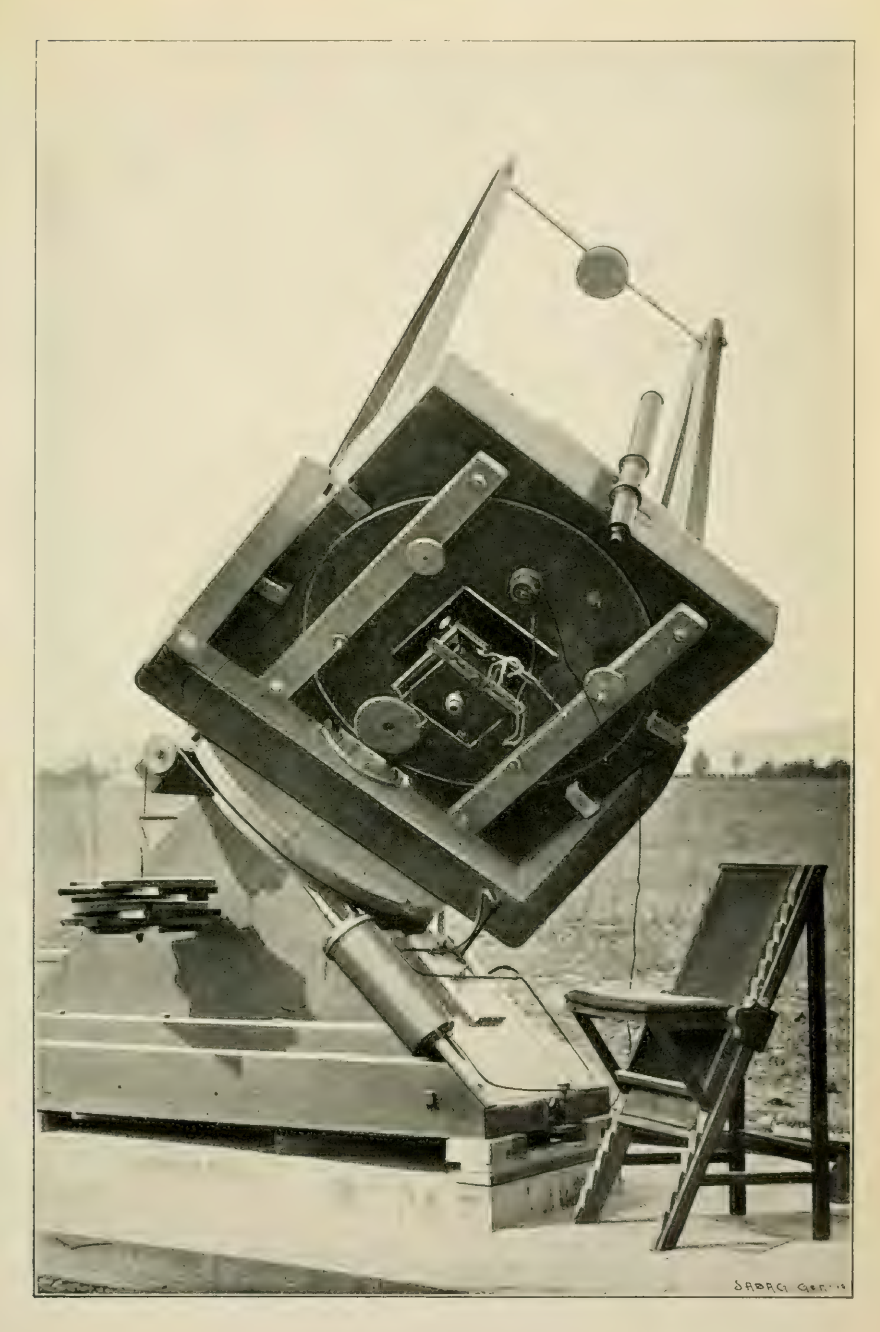
Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres....	28.9	40.1	25.0	134.2
Neige en centimètres..	18	20	31	162



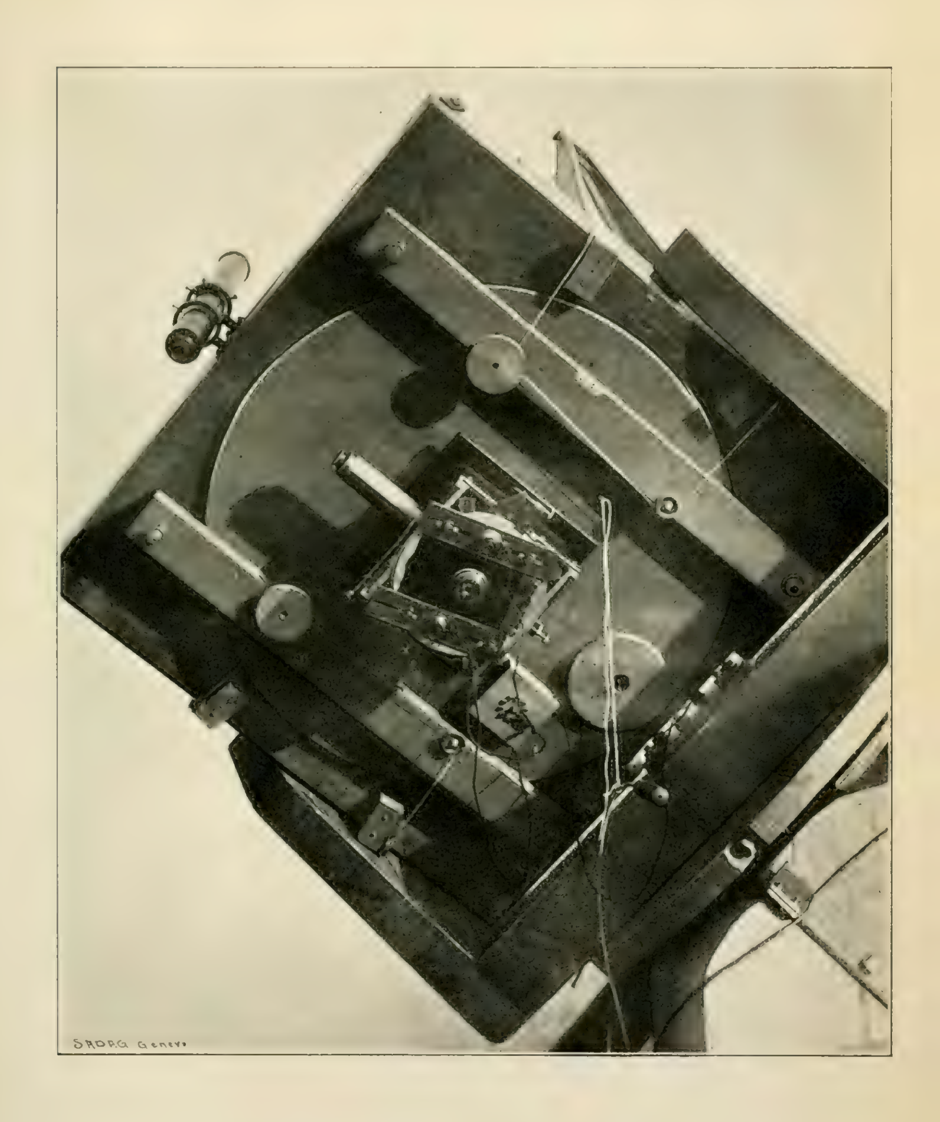
Vieille Bâtie (Collex-Bossy).



Le Carre (Meinier).

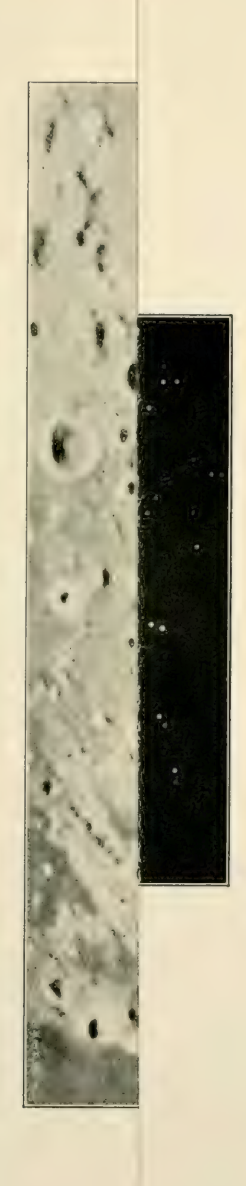


Vieille Bâtie (Collex-Bossy).



Porte-chassis et porte-oculaire.

Pl. XIV



A
C

Fig. 1



7 février 1911

(Plaque Integrum)

Fig. 2

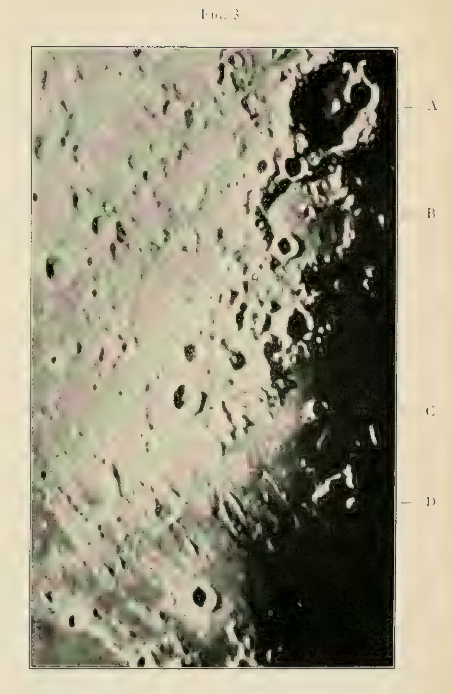


7 février 1911

Agrandissement: 2,7 fois

Apennins, Caucase, Alpes

Fig. 3



7 mars 1911

Agrandissement : 2,7 fois

(Plaque ortho. Perutz)

A = *Albategnius* B = *Hipparque*
C = *Triesnecker* D = *Higinus*

Fig. 4



4 juillet 1911

(Plaque Lumière violette)

Amas Messier 11

Pose 2 heures, air agité



Fig. 2

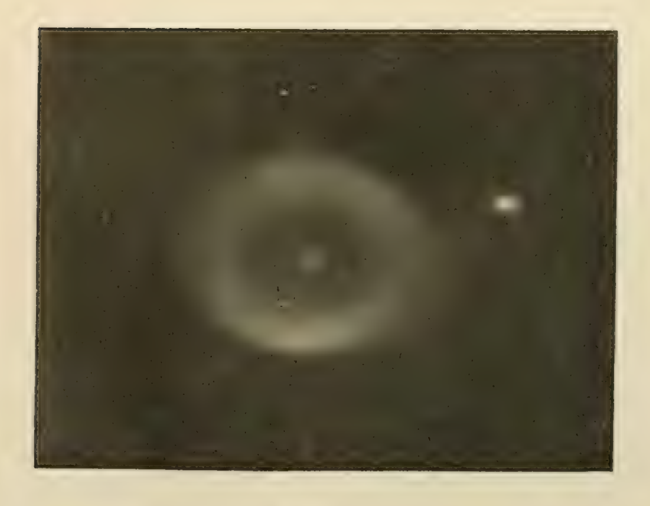


Fig. 4

Fig. 1
28 février 1911
Nébuleuse d'Orion
(Plaque Lumière violette)
Pose 55 minutes

Les petites étoiles qui touchent le bord inférieur des grandes étoiles sont produites par un déplacement momentané, très court, du miroir, causé par le roulement
(Observatoire).

Fig. 2
25 septembre 1911
Comète Brooks (1911 c)
(Plaque Lumière violette)
Pose 20 minutes environ, avec quelques interruptions.
(Choully).

Fig. 3
12 janvier 1911
Saturne
(Plaque Lumière Σ)
Agrandissement 2 fois. Pose 1 seconde

Le cliché a été obtenu en intercalant une lentille négative grossissant trois fois l'image directe du Cassegrain.
(Le Carre).

Fig. 4
26 septembre 1911
Nébuleuse de la Lyre
(Plaque Lumière violette)
Agrandissement 6 fois. Pose 1 h. 30
Air très ondulant par moments.
(Choully).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

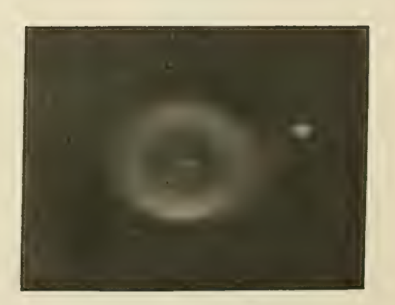


Fig. 4



7 février 1912

Nébuleuse d'Orion

(Plaque chromo Isolar Agfa

Pose 2 h. 20

(Le Carre).

Fig. 1. — Agrandissement 1,8 fois

Fig. 2. — Agrandissement 3,3 fois



Fig. 1



Fig. 2

L'AIMANTATION

DES

ALLIAGES DE NICKEL ET DE COBALT

PAR

Otto BLOCH

(Berne)

Introduction

La série des alliages de nickel et de cobalt est au point de vue métallographique d'une simplicité extrême, parce que même à l'état solide ces deux métaux se dissolvent mutuellement en toute proportion.

Le présent travail nous montrera que cette simplicité subsiste dans les propriétés magnétiques. On ne savait d'ailleurs que très peu de choses sur ces alliages et principalement sur leurs propriétés magnétiques, pour lesquelles on n'avait que quelques données relatives au point de Curie [1].

Les matières premières étaient le « niccolum purissimum » et le « cobaltum purissimum » de Merck qui ont été fondus dans une nacelle de magnésie au four électrique. Pour être plus sûr du pourcentage des alliages, qui ont été faits de dix en dix pour cent, on les a fait analyser. Nous nous sommes d'abord dispensés de cette analyse pour les corps purs ; mais les résultats nous ont fait concevoir des doutes sur la pureté du nickel. En effet une analyse postérieure a expliqué quantitativement les irrégularités observées.

Dans les présentes recherches nous nous sommes occupés des états magnétiques aussi bien au-dessus qu'au-dessous du point de Curie, température limite entre l'état ferromagnétique spon-

[1] Guertler et Tammann, *Z. f. a. Ch.* (42), 1904.

tané et l'état de ferromagnétisme sollicité [1]. Les méthodes de recherches employées de part et d'autre de cette limite étaient tout à fait différentes. Au dessous du point de Curie on se servait de la méthode du couple maximum de M. Weiss, déjà décrite plusieurs fois [2]; au-dessus de cette limite on appliquait la méthode de l'attraction dans un champ magnétique non-uniforme, décrite en détail dans un travail de MM. Weiss et Foëx [3].

Nous nous bornerons ici au rappel des deux méthodes. Pour les quelques modifications dans les instruments et dans la manière de faire l'expérience, nous renvoyons le lecteur à la thèse [4] dont le présent article est un résumé.

Résultats

Nous donnons ci-dessous un tableau des constantes des ellipsoïdes soumis à l'expérience.

Tableau I

Pourcentage proposé	Pourcentage d'après l'analyse		Masse	Densité	
°/o Ni	°/o Ni	°/o Co	gr.	Mesurée	Interpolée
100 Ni	98,09	1,86	0,6831	8,790	8,790
90	90,22	9,78	0,7089	8,799	8,805
80	81,39	18,61	0,6468	8,872	8,816
70	69,65	30,35	0,6320	8,716	8,830
60	—	—	0,6740	8,895	8,842
50	50,69	49,31	0,6441	8,789	8,856
40	39,57	60,43	0,6827	8,716	8,870
30	30,23	69,77	0,6505	8,768	8,882
20	20,46	79,54	0,6765	8,755	8,895
10	10,73	89,27	0,6778	8,870	8,906
100 Co	—	100,00	0,6683	8,920	8,920

[1] Voir pour ces définitions : P. Weiss, *Arch. des Sc. phys. et nat.* (4) 1910, t. XXIX, p. 411.

[2] P. Weiss, *J. de Phys.* 1907 (4) t. VI. 665. P. Weiss et H. Kamerlingh Onnes, *Arch. Sc. phys. et nat.* (4) t. XXX, 1910. F. Hegg, *Arch. Sc. phys. et nat.* 1910 (4) t. XXIX..

[3] P. Weiss et G. Foëx, *Arch. Sc. phys. et nat.* 1911 (4) t. XXXI..

[4] Otto Bloch, Ueber die magnet. Eigenschaften der Nickel-Kobalt-Legierungen. *Diss.* Techn. Hochschule, Zürich 1912. *Vierteljahresschrift der Naturf. Gesellschaft in Zürich,* Jahrgang 1911, 56.

Il y a quelques remarques à ajouter. L'alliage de 60 % de nickel n'a pu être analysé par suite du manque de substance. De plus, le tableau donne, outre les densités mesurées avec la méthode du flacon, des valeurs interpolées. En effet, il semble très probable que la plupart des valeurs mesurées sont trop petites à cause de la porosité des échantillons. Mais puisque les densités du nickel et du cobalt semblent connues avec certitude, on a admis une loi linéaire pour la petite variation de la densité en fonction du pourcentage. Elle paraît bien compatible avec les mesures.

Mesures au-dessous du point de Curie

Quand le couple de la balance de torsion est maximum, la déviation α satisfait à la relation :

$$\alpha = \frac{CVD^2(N_1 - N_2) . \sigma^2}{(1 + \gamma t)}$$

Dans cette formule on désigne par :

C une constante de l'appareil ; V le volume et par D la densité de l'ellipsoïde à la température de la glace fondante ; N_1 et N_2 les deux coefficients démagnétisants de l'ellipsoïde allongé de révolution ; σ le moment magnétique par unité de masse : γ le coefficient de dilatation cubique de l'ellipsoïde[1] ; t la température de l'expérience en degrés centigrades.

On comprend aisément, que cette équation donne très bien les valeurs relatives de σ à différentes températures pour le même ellipsoïde, mais que les valeurs absolues de σ calculées à l'aide de cette équation, ne seraient que très incertaines à cause du grand nombre de grandeurs expérimentales qui y entrent et qui changent d'un ellipsoïde à l'autre.

Il fallait donc éliminer cette cause d'erreur par des mesures plus directes. Dans ce but on comparait la grandeur du moment magnétique à saturation de chaque ellipsoïde à la

[1] Comme coefficient de dilatation linéaire j'ai choisi 0,000018, valeur qui, au degré de précision nécessaire, est la même pour le nickel à 1000° C d'après Le Châtelier et pour le cobalt de 25° à 350° C d'après Curzio.

température du laboratoire, avec le moment magnétique d'un corps étalon (fer Kohlswa) qui a été mesuré très exactement par M. Weiss[1]. Cette comparaison a été faite en mesurant l'augmentation du flux produite par l'introduction brusque de l'ellipsoïde à l'intérieur d'un solénoïde placé dans un champ homogène dirigé suivant son axe. L'induction résultante dans les spires du solénoïde était mesurée par la déviation d'un galvanomètre balistique. Soit α_1 et α_2 les déviations pour le fer et pour l'alliage étudié, M_1 et M_2 les moments magnétiques correspondants, on a :

$$\alpha_1 : \alpha_2 = M_1 : M_2$$

Les expériences nous ont donné les nombres suivants qui se rapportent à la température ambiante de 19° C et à un champ H = 10000 gauss.

Tableau II

Alliage % Ni	Moment magnétique M	Moment d'un gramme σ
100 Ni	37,72	55,24
90	47,32	66,80
80	49,84	77,10
70	55,39	87,68
60	67,41	100,05
50	70,83	109,95
40	82,12	120,30
30	86,31	132,63
20	93,80	138,74
10	100,59	148,50
100 Co	105,70	153,60

Nous devons rappeler une propriété remarquable du cobalt déjà signalée en partie dans des travaux antérieurs, et qui a assez compliqué la présente étude.

Si un morceau de cobalt qui n'a pas encore été aimanté, est étudié par la méthode du couple maximum, en faisant varier la température de la température ordinaire jusqu'à 600° ou 700° C,

[1] P. Weiss, *Arch. Sc. phys. et nat.*, 1910 (4) t. XXIX, p. 175.

puis si on le ramène à la température ambiante, on s'aperçoit qu'il est devenu plus facile à aimanter ; autrement dit, un champ extérieur de même grandeur produit une aimantation plus forte qu'auparavant.

Mais si on le chauffe de nouveau au-delà des limites indiquées jusque dans le voisinage du point de Curie, on s'aperçoit en revenant à la température ambiante, que le cobalt est redevenu difficile à aimanter, c'est-à-dire que le même champ extérieur n'est plus capable, comme au debut, que de produire une aimantation beaucoup plus faible.

Il faut dire alors que les états magnétiques du cobalt aux températures comprises entre le zéro absolu et 700° C environ sont irréversibles, tandis que la réversibilité existe depuis 700 jusqu'au point de Curie.

Cette propriété du cobalt pur se manifeste encore, plus ou moins cachée, dans les alliages de nickel riches en cobalt ; c'est-à-dire qu'elle se manifeste très nettement pour 90 % et 80 % de cobalt. Elle disparaît de plus en plus dans les alliages de 70 %, 60 % et 50 % de cobalt.

Ce fait nous a conduit à prendre des précautions spéciales dans l'emploi des σ, donnés par le tableau II, pour la réduction des courbes $\sigma = f(T)$ aux valeurs absolues. Pour rendre impossible, d'une expérience à l'autre, un changement de propriétés magnétiques il fallait examiner les ellipsoïdes en question sur la balance de torsion en revenant à la température ambiante, au moment de les introduire dans le solénoïde pour faire la mesure du moment magnétique.

Mais à cause de cette dureté magnétique de la matière il n'était pas toujours possible d'atteindre sa saturation avec les champs accessibles à l'électro-aimant surtout à basse température. Et comme on voit dans la fig. 1, nous avons tracé en pointillé à côté des courbes qui se dirigent vers les points étalons à la température ordinaire, les courbes de la plus forte aimantation observée. Grâce à cette manière de procéder on est sûr des valeurs absolues même pour ces courbes.

On sait que l'aimantation à saturation au zéro absolu est d'un intérêt tout à fait spécial ; parce qu'à cette température l'agitation thermique des molécules a cessé de troubler l'orien-

tation parallèle au champ des aimants élémentaires. Il est donc justifié de nommer cette saturation la saturation absolue de la matière. Elle n'est autre chose que le moment spécifique de ces aimants moléculaires.

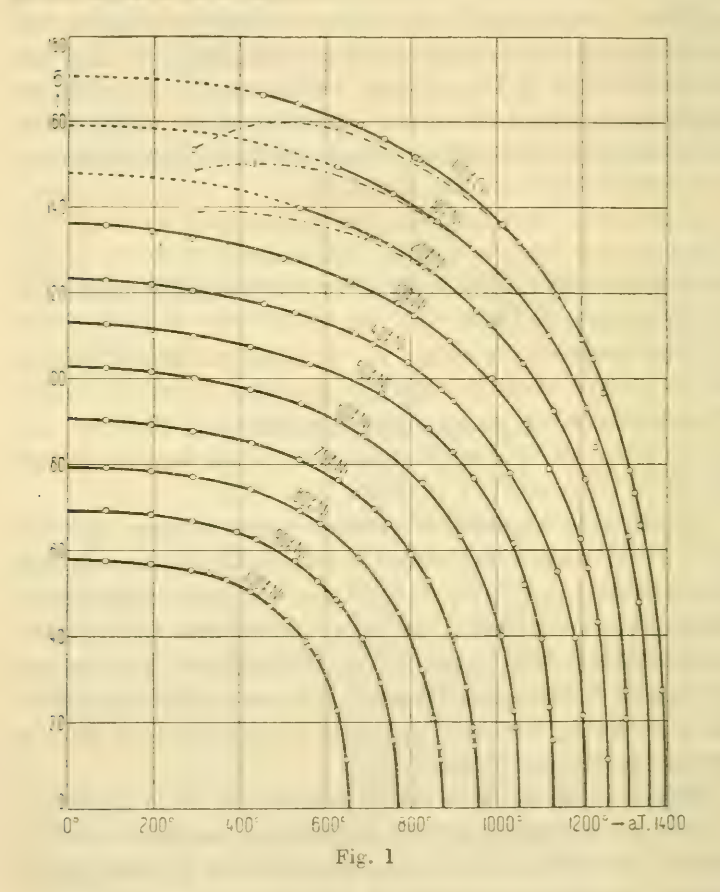


Fig. 1

Pour s'approcher de cette température intéressante, on a fait des expériences dans la neige carbonique mouillée d'éther et dans l'air liquide. Mais puisqu'à ces températures, il n'était plus possible d'aimanter à saturation les alliages ayant plus de 70 % de cobalt, il fallait prendre un autre moyen pour arriver à une extrapolation vraisemblable des courbes $\sigma = f(T)$ au zéro absolu pour ces derniers alliages et notamment pour le

cobalt pur. A cet effet, dans la fig. 2, on a représenté en fonction du pourcentage, les valeurs σ_0, au zéro absolu des alliages, pour lesquels cette valeur σ_0 a pu être déterminée sans difficulté, afin de constater leur loi de variation. On a constaté ainsi de façon certaine, que les valeurs σ_0 varient linéairement en fonction du pourcentage. Une extrapolation de cette loi simple, même pour les alliages au delà de 70 % de cobalt, était alors justifiée ; et cela d'autant plus que l'on voit dans la fig. 1 que les arcs de courbe extrapolés forment des prolongements tout à fait continus des courbes $\sigma = f(T)$ au delà de leurs parties données par l'expérience.

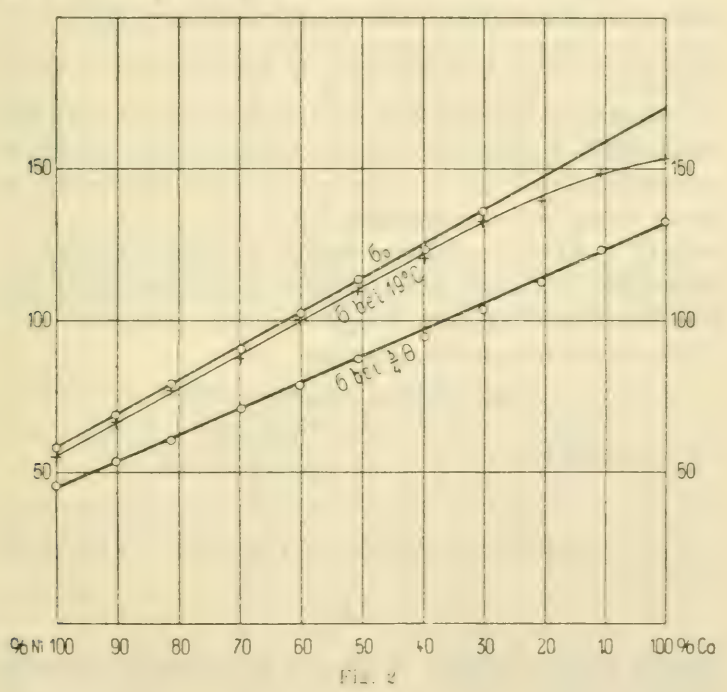


Fig. 2

On peut dire alors :

Dans les alliages de nickel et de cobalt les parties constituantes gardent chacune leur moment magnétique intact.

La théorie du ferromagnétisme[1] nous donne une définition

[1] P. Weiss, *J. de Phys.* 1907 (4), t. VI ; *Arch. Sc. phys. et des nat.* 1911, (4) t. XXXI, p. 401.

précise de ce qu'on doit considérer comme le point de transformation, qu'on nomme point de Curie. C'est le point de disparition de l'aimantation spontanée en l'absence de tout champ extérieur. Mais puisque nos recherches sont intimement liées à l'existence d'un champ extérieur assez fort, il y a une petite difficulté à trouver le vrai point de la perte du ferromagnétisme.

On a d'après la théorie[1] au voisinage du point de Curie[2] :

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\sigma_0 . m \mathrm{H}}{3\mathrm{RT}}.$$

Mais puisque H, le champ total agissant, se compose du champ moléculaire ($\mathrm{ND}\sigma$) et du champ extérieur (H_e), on comprend que la valeur de la fraction $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ ne sera jamais nulle même au delà du point de Curie. Mais dans son voisinage elle aura une valeur faible. Une même valeur de ce rapport sera obtenue à une température T d'autant plus voisine de la température Θ que le champ extérieur sera plus faible. Mais puisque la différence $(\mathrm{T} - \Theta)$ est une fonction linéaire du champ extérieur, il est possible de trouver très facilement la température Θ par deux observations dans des champs extérieurs différents.

Cela est exprimé par les équations :

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\sigma_0 . m (\mathrm{ND}\sigma)}{3 . \mathrm{R} . \Theta} = \frac{\sigma_0 m (\mathrm{ND}\sigma + \mathrm{H}_e)}{2\mathrm{R}(\Theta + \Delta\mathrm{T})}.$$

Il en résulte que :

$$\frac{\mathrm{H}_e}{\mathrm{ND}\sigma} = \frac{\Delta\mathrm{T}}{\Theta}.$$

Si nous introduisons maintenant la relation $\Theta = \mathrm{NDC}$, nous obtenons :

$$\Delta\mathrm{T} = \frac{\mathrm{H}_e \cdot \mathrm{C}}{\sigma},$$

équation qui nous permet de calculer ΔT d'après les données de l'expérience.

Le tableau III nous donne les valeurs de Θ trouvées de cette manière.

[1] Voir : P. Weiss, *Arch. Sc. phys. et nat.* 1911, (4) t. XXXI, p. 401.

[2] m = poids moléculaire, N = coefficient du champ moléculaire, D = densité, R = constante universelle des gaz parfaits, C = constante de Curie.

Mesures au-dessus du point de Curie

La théorie de M. Weiss nous donne pour l'état β des métaux ferromagnétiques la relation suivante :

$$\chi(T - \Theta) = C,$$

où χ est la susceptibilité de la matière rapportée à l'unité de masse ; c'est-à-dire

$$\chi = \frac{\sigma}{H_e} .$$

Pour mettre en évidence le plus clairement possible les écarts de cette loi, l'on a porté dans une figure l'inverse de χ en fonction de la température. La courbe résultante devrait être une droite. Dans le voisinage de Θ la grandeur de χ augmente excessivement vite, de sorte qu'il n'est plus possible de mesurer les forces qui entrent en jeu avec le même appareil. Mais en prolongeant la droite

$$\frac{1}{\chi} = f(T)$$

jusqu'à l'axe des températures, on a un point d'intersection qu'on peut considérer comme point de transformation. Evidem-

Tableau III

Alliage $^0/_0$ Ni	Θ pour H = 0 déduit des observ. au-dessous de Θ	Θ déduit des observations au-dessus de Θ	Différence des Θ	C Constante de Curie	D Densité à la température Θ	N Coefficient du champ moléculaire
100 Ni (I)	650	665	15	0,00552	8,60	14005
	—	466	—	0,00755	—	—
100 Ni (II)	—	645,5	—	0,00551	8,60	13610
	—	501	—	0,00687	—	—
90	763	786	23	0,00688	8,58	13350
80	869	894	25	0,00805	8,56	12980
70	953	967,5	14,5	0,00918	8,54	12320
60	1048	1069	21	0,01066	8,53	11750
50	1128	1151	23	0,01216	8,51	11150
40	1201	1220	19	0,01339	8,49	10750
30	1255	1265	10	0,01470	8,48	10160
20	1304	1322	18	0,01620	8,47	9660
10	1352	1365	13	0,01775	8,46	9080
100 Co	1388	1411	23	0,01930	8,45	8650

ment ceci exige que la loi reste vraie au voisinage de Θ ; c'est un point sur lequel nous reviendrons plus tard.

Les figures 3*a* et 3*b* représentent les résultats de ces expériences. Les constantes de Curie aussi bien que les Θ se trouvent dans le tableau III.

Nous nous dispensons ici de donner les grands tableaux de nombres qui ont servi à établir les figures 1, 3*a* et 3*b* ; on les trouvera dans le travail déjà cité.

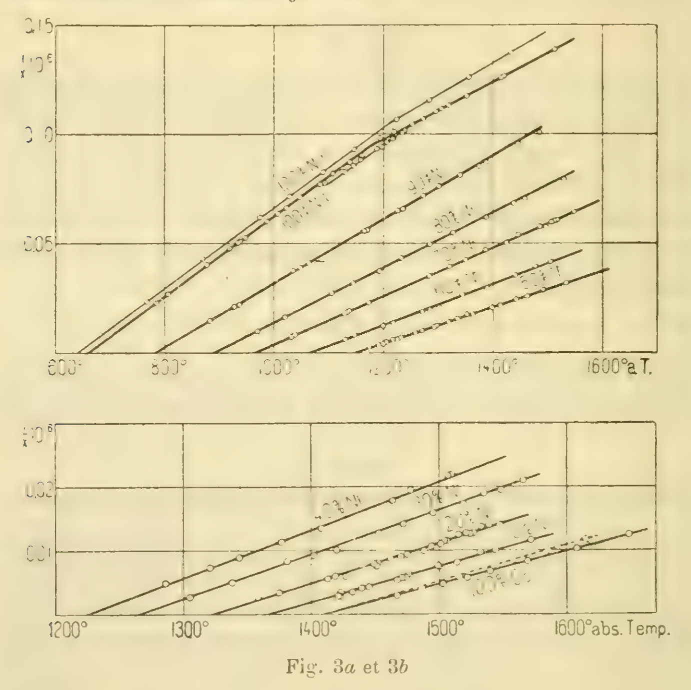


Fig. 3*a* et 3*b*

Pour avoir un contrôle de l'exactitude de la méthode graphique on a évalué pour quatre séries d'expériences, les constantes C et Θ d'après la méthode des moindres carrés. La concordance avec les résultats graphiques était très satisfaisante.

Il y a quelques remarques à faire au sujet des résultats représentés dans les figures 3*a* et 3*b*.

Le nickel (I), considéré comme pur, donne dans l'intervalle 780° à 1190° T. (températures absolues) une première partie tout à fait rectiligne. Mais à cette dernière température se

présente un coude auquel se raccorde une nouvelle partie rectiligne. Mais dans le voisinage immédiat de ce coude, on constate une étrange sorte d'irréversibilité des états magnétiques. Elle ne s'étend que sur une centaine de degrés et s'explique très probablement par la présence d'une petite quantité de fer constatée par l'analyse. En effet, c'est aux environs de cette température que le fer subit la transformation du fer β en fer γ. L'idée que cette irréversibilité est due à l'impureté de la matière, fut confirmée par une série d'expériences reprises sur le nickel de pureté plus certaine qu'avait déjà étudié M. Foëx [1].

Ce nickel, qui sera nommé dans la suite nickel (II), ne montrait rien d'une irréversibilité analogue. Les courbes obtenues avec lui sont représentées de même dans la figure 3*a*. Le coude brusque de la courbe au voisinage de 1200° T. se reproduit aussi sur le nickel (II), bien que son existence ait échappé à M. Foëx qui, d'ailleurs, avait constaté quelques irrégularités de son appareil juste dans le voisinage de cette température.

Il semble que ce coude du nickel pur se manifeste encore, mais naturellement de plus en plus affaibli, dans les alliages de 90 % et de 80 % de nickel. Mais ici les points qui tombent au-dessous de la première droite des courbes de ces alliages ne sont pas très nombreux, c'est pourquoi on n'a pas tracé la seconde droite, trop incertaine.

Le degré d'exactitude n'est pas toujours le même dans les expériences sur les différents alliages ; il peut être estimé d'après la répartition des points expérimentaux dans le voisinage de la courbe.

Le cobalt pur fut examiné dans deux séries différentes qui ne donnaient pas du tout le même résultat. Mais l'une des deux (en pointillé dans la figure 3*b*) est assez incertaine et ne put pas être reproduite. Dans la suite de ce résumé on ne s'occupera donc plus de cette série. Aucune des deux ne nous a donné le coude trouvé par M. Foëx.

Dans le tableau III on a indiqué les Θ trouvés par les expériences au-dessous et au-dessus du point de Curie. On constate une différence systématique de grandeur assez constante. Ce fait, encore inexpliqué d'ailleurs, nous fait soupçonner de très

[1] Weiss et Foëx, *l. c.*

importantes transformations dans la structure magnétique de la matière au voisinage de Θ, transformations qui doivent sans doute être tout à fait différentes de celle de la perte de l'aimantation spontanée.

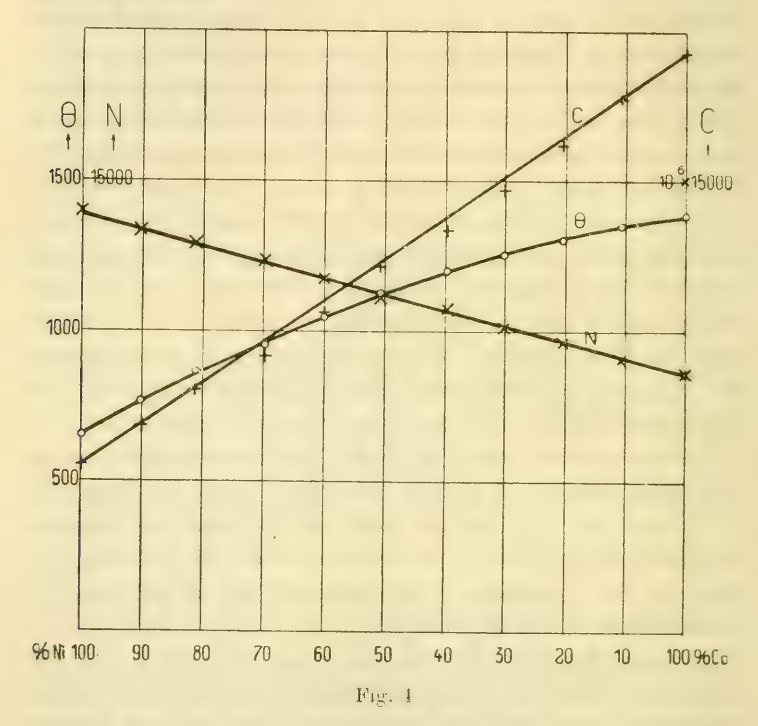


Fig. 4

Si l'on porte les constantes de Curie en fonction du pourcentage, comme il est fait dans la figure 4, on s'aperçoit qu'elles varient linéairement. D'après la figure il semble cependant qu'il y a une petite différence systématique entre les valeurs observées et la loi linéaire ; elle atteint un maximum de 3 à 4 % pour les alliages au milieu de la série. Mais la théorie demande une variation strictement linéaire et il semble difficile de trouver une raison suffisante à un tel écart systématique de la droite ; on pourrait sans doute tracer une droite d'après la méthode des moindres carrés qui considère tous les points comme équivalents.

Nous avons fait ce calcul qui conduit à l'équation suivante.

Soit C la constante de Curie et n le pourcentage exact en cobalt, on a :

$$C = 0{,}005265 + 0{,}0001382.n$$

Si l'on calcule à l'aide de cette formule les différentes constantes et si l'on évalue la différence $\Delta_C = C_{calc.} - C_{observ.}$ on obtient le tableau suivant :

Tableau IV

n °/₀ Co	Δ_C en °/₀	Δ_N en °/₀	n °/₀ Co	Δ_C en °/₀	Δ_N en °/₀
1,86	0,0	− 1,02	60,43	+ 1,7	− 0,56
9,78	− 3,8	+ 0,62	69,77	+ 1,4	+ 0,22
18,61	− 2,6	− 0,20	79,54	+ 0,4	− 0,07
30,35	+ 3,0	− 0,09	89,27	− 0,8	+ 0,50
40,00	+ 1,2	+ 0,38	100	− 0,9	− 1,22
49,31	− 0,7	+ 1,26			

La théorie donne la relation déjà mentionnée : $\Theta = CND$, qui nous permet d'évaluer la grandeur de N. Il va sans dire qu'il faut prendre pour ce calcul des valeurs correspondantes de Θ et de C. On a donc choisi les points de transformation donnés par les expériences au-dessus du point de Curie. Les densités corrigées pour les températures Θ se trouvent également dans le tableau III ainsi que les coefficients évalués.

La figure 4 représente aussi N en fonction du pourcentage. On voit que cette quantité suit très nettement une loi linéaire. Là aussi, on s'est servi de la méthode des moindres carrés pour évaluer les constantes de cette droite et les écarts des différents points. On trouve :

$$N = 13963 - 54{,}1813.n$$

Les différences $\Delta_N = N_{calc.} - N_{observ.}$ sont aussi reproduites au tableau IV.

Il en résulte pour les alliages en question les deux résultats généraux suivants :

La constante de Curie et le coefficient du champ moléculaire varient linéairement en fonction du pourcentage.

Et comme simple déduction mathématique du résultat précédent :

La température du point de perte de l'aimantation spontanée varie en fonction du pourcentage suivant une loi parabolique.

Il est intéressant d'examiner encore les résultats précédents au point de vue de la théorie du magnéton, au sujet de laquelle nous renvoyons le lecteur au mémoire de M. Weiss déjà cité.

On comprend facilement que ce point de vue n'a d'intérêt que pour les métaux purs, c'est-à-dire pour les éléments chimiques.

Soit σ_0 le moment magnétique de la saturation rapporté à l'unité de masse au zéro absolu ; soit m le poids moléculaire ; $m\sigma_0$ est le moment de saturation absolue rapporté à la molécule-gramme, et nous admetterons comme exacte la valeur 1123,5 du moment du magnéton-gramme ; nous avons alors le tableau suivant, où n représente le nombre entier de magnétons :

Tableau V

Métal	σ_0	m	$m.\sigma_0$	$\frac{m.\sigma_0}{1123,5}$	n
100 % Ni	57,90	58,7	3397	3,02	3
100 % Co	170,20	59	10042	8,94	9

On en conclut que :

Au voisinage du zéro absolu, une molécule de nickel pur contient trois magnétons, une molécule de cobalt pur en contient neuf.

Mais puisque la valeur 1123,5 pour le moment du magnéton est calculée en partie à l'aide du nickel pur, ce résultat n'est nouveau que pour le cobalt.

Les expériences au-dessus du point de Curie nous procurent aussi le moment magnétique à saturation absolue par la relation suivante :

$$(m\sigma_0)^2 = 3R.C.m\,;$$

R est égal à $83,155.10^6$ ergs par degré, m est de nouveau le poids moléculaire. On a alors le tableau suivant :

TABLEAU VI

Métal	C	m	$m.\sigma_0$	$\frac{m.\sigma_0}{1123.5}$	n
100 % Ni (I)	0,00552	58,7	8998	8,002	8
	0,00755		10515	9,36	(9)
100 % Ni (II)	0,00551	58,7	8976	7,99	8
	0,00687		10060	8,96	9
100 % Co	0,01930	59	16855	15,008	15

Si l'on prend pour C, au lieu des valeurs indiquées dans le tableau III, les valeurs qui résultent de l'équation que nous avons données, on trouve pour le nickel pur : $n = 7,82$ et pour le cobalt pur : $n = 14,92$.

On voit que les résultats trouvés pour le nickel concordent en partie avec ceux qui résultent du travail de M. Foëx et qui ont aussi fourni le nombre 8 pour le nickel. Mais surtout il est intéressant de voir que la seconde partie droite de la courbe $\frac{1}{\chi} = f(T)$ nous donne, elle aussi, un nombre entier (neuf) de magnétons. D'ailleurs, ce nombre de neuf magnétons n'était pas inconnu non plus pour le nickel ; il caractérise son état dans les « ferro-nickels » à grande teneur en nickel.

Le résultat relatif au cobalt est nouveau.

On peut dire alors :

Le nickel pur entre 770° et 1200° T. contient huit magnétons; aux températures plus élevées il en a d'abord neuf.

Le cobalt pur entre 1460 et 1645 T. contient quinze magnétons.

En terminant, nous voulons encore mentionner cette observation intéressante que les aimantations à saturation qui se rapportent aux températures *correspondantes*, par exemple $T = 3/4\ \Theta$, portées en fonction du pourcentage, donnent encore une droite de même que les valeurs au zéro absolu. (Voir fig. 2.) Ce parallélisme dans la manière d'être du nickel et du cobalt est un fait nouveau dans la longue série de ressemblances qui existent entre ces deux métaux.

Résumé

Le présent travail nous a montré que :

1° Les alliages de nickel et de cobalt se comportent magnétiquement comme une simple série de solutions solides. La variation des moments magnétiques à saturation absolue est linéaire en fonction du pourcentage.

2° La constante de Curie aussi bien que celle du champ moléculaire varient linéairement.

3° La température de la perte de l'aimantation spontanée varie d'après une loi parabolique.

4° L'existence d'une partie aliquote commune aux moments magnétiques des molécules-gramme des éléments chimiques est vérifiée aussi bien que la valeur du magnéton-gramme donnée jusqu'ici. (Cela dans les limites de la précision des expériences.)

5° Le cobalt comporte, lui aussi, des nombres entiers de magnétons, fait qui était encore inconnu.

LA STRUCTURE DES RAYONS γ

PAR

Edgar MEYER

§ 1. Dans un travail précédent [1], j'ai montré que les rayons γ du radium sont sujets à des variations d'intensité qu'on appelle les variations de Schweidler. Dans ce même travail, ces variations ont été mesurées comme une fonction de l'angle d'ouverture du faisceau de rayons γ à observer, et il semblait en résulter qu'à côté de ces variations, fonctions du temps, il y avait d'autres fonctions de l'espace. Il m'avait semblé que la manière la plus simple d'expliquer ces faits était la suivante : lorsqu'il s'agit de l'émission de rayons γ, l'énergie n'est pas rayonnée d'une manière uniforme dans l'espace 4π (structure isotrope), mais il y a des directions privilégiées pour lesquelles la densité de l'énergie est maximum (structure anisotrope). En admettant, d'autre part, que la théorie de Bragg du processus d'ionisation des rayons γ est juste, M. Campbell a rendu attentif au fait que l'on ne peut rien présumer sur l'isotropie du rayonnement en mesurant des variations comme je l'ai fait ; cependant, les expériences que j'ai exécutées et desquelles il résulte que les variations relatives sont indépendantes du matériel de la chambre d'ionisation [3] sont contraires à cette manière de voir. L'importance du problème justifie de nouvelles recherches sur la structure des rayons γ.

[1] Edgar Meyer, *Berliner Akad. d. Wissen.* 32, 647, 1910; *Jahrbuch d. Radioakt. und Elektron.* 7, 279, 1910.

[2] Norman Cambell, *Phys. Zeitschr.* II, 826, 1910. M. Campbell a objecté que j'avais employé une fausse correction, ce que j'ai réfuté expérimentalement (voir Edgar Meyer, *Phys. Zeitschr.* 13, 73, 1912).

[3] Edgar Meyer, *Berliner Akad. d. Wissen.* 32, 661, 1910, Tabelle n° 5.

J'ai réussi, dans le présent travail, à étendre mes observations dans deux directions. J'ai d'abord cherché si la ionisation produite dans l'air par un faisceau de rayons γ dépend d'elle-même d'une manière quelconque le long de sa direction de propagation. En d'autres termes, est-il possible qu'une seule et même impulsion γ produise de la ionisation dans deux espaces gazeux différents, suffisamment indépendants l'un de l'autre, situés l'un derrière l'autre, le long de la direction de propagation, ou, au contraire, l'impulsion γ abandonne-t-elle toute son énergie lors du processus d'ionisation (échappement d'un rayon secondaire β) pour devenir inactive. En second lieu, j'ai répété mes expériences précédentes sur la dépendance des variations des rayons γ de l'angle d'ouverture du faisceau de rayons à observer, pour le cas où cet angle d'ouverture est relativement petit par rapport à l'angle dans l'espace 4π. J'ai trouvé qu'aussi bien le long de la direction de propagation du faisceau que transversalement à cette direction (lorsque l'angle est assez petit), on constate que la ionisation n'est pas indépendante. Ce résultat semble jeter un jour nouveau sur la structure des rayons γ.

§ 2. *Méthode de mesure.* Le dispositif employé pour la mesure des variations des rayons γ est à peu près celui dont je me suis servi précédemment[1]. J (voir fig. 1) est le vase à ionisation qui est représenté comme condensateur différentiel, et dont la description détaillée sera donnée au § 3. Les deux électrodes A et B, que nous désignerons simplement dans la suite comme plateaux de tension, peuvent être chargées à $\mp$ 1000 volts, au moyen des deux batteries à haute tension B_1 et B_2 sur les deux résistances d'alcool amylique W_1 et W_2 et les deux commutateurs U_1 et U_2. Avec cette tension, on produisait avec une approximation suffisante un courant de saturation dans les différentes chambres de ionisation. Les voltmètres de Braun V_1 et V_2 contrôlent le potentiel. Extérieurement à la cage de protection J se trouve une lame de plomb Pb de 3 mm. d'épaisseur. Devant celle-ci un bloc parallèlipipèdique de plomb Pb′

[1] Edgar Meyer. *Berliner Akad. d. Wissen*, *l. c.*; *Phys. Zeitschr.* 13, 73, 1912.

dont les arrêtes mesurent 32, 32 et 45 mm. est percé d'un trou de 5 mm. de diamètre environ, dans lequel se trouve un petit

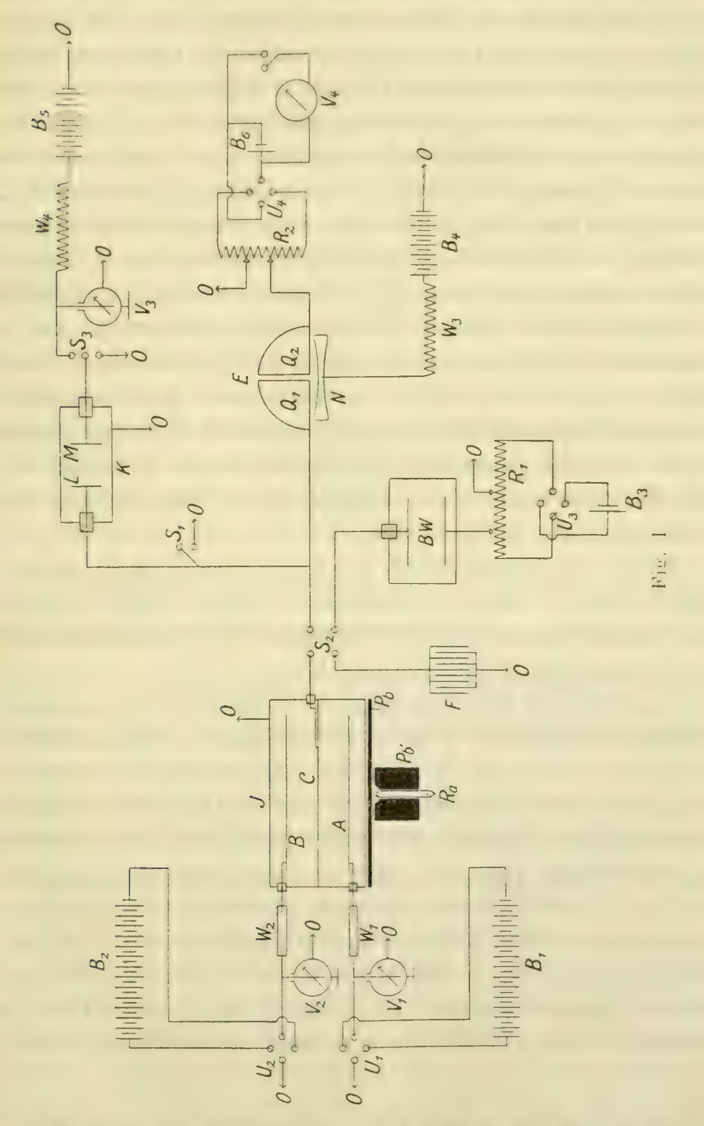


Fig. 1

tube de verre qui contient environ 5 mg. de Ra Br_2. L'ouverture dans le bloc de plomb est inclinée d'environ 45° sur l'horizontale, en sorte que les grains de $RaBr_2$ sont tous à l'extré-

mité antérieure du tube. L'électrode C qui se trouve au milieu du condensateur différentiel J (que nous appellerons dans ce qui suit le plateau de l'électromètre) est reliée par la clé S_2 à la paire de quadrants Q_1 d'un électromètre de Dolezalek E. La seconde paire de quadrants Q_2 peut à volonté être mise à la terre ou chargée à un potentiel quelconque, ce qui permet de déterminer la sensibilité de E et de compenser la différence de potentiel (chaîne de Volta) de la résistance de Bronson BW[1]. J'employais pour cela, suivant un arrangement facile à comprendre, la résistance R_2 avec fiche, le commutateur U_4, l'accumulateur B_6 et le voltmètre V_4. L'aiguille de l'électromètre N est chargée entre 100 et 260 volts par la batterie B_4 sur la résistance W_3. L'une des extrémités de la résistance BW est reliée à Q_2 par la clé S_2 (le polonium sert à la ionisation). L'autre extrémité de BW peut être mise à la terre ou chargée à un potentiel quelconque, au moyen de la résistance R_1 (111,000 ohms) avec fiche déplaçable, du commutateur W_3 et de la batterie B_3 (10-40 volts).

Avec S_1, on peut mettre Q_1 à la terre. Avec la clé S_2 on peut mettre dans le circuit la capacité F (0.05-1,0 MF) et en la déchargeant on peut mesurer les courants de saturation en J et la caractéristique de Bronson BW.

Le potentiel en BW était réglé de telle sorte que la quantité d'électricité allant de J en Q_1 fût compensée. L'électromètre ne marque alors que les variations du courant de ionisation en J, qui ont été mesurées selon la méthode habituelle[2]. Entre autres avantages, un dispositif différentiel de ce genre permet de bien protéger l'une de l'autre les deux chambres de ionisation, et d'éviter les communications secondaires de grandeurs variables qui avaient gêné les observations dans mon travail précédent (*l. c.*). Chacune des valeurs données pour les variations dans les tabelles du présent travail est la moyenne de 200 observations au moins. Pour éviter si possible une influence dans les

[1] Pendant les mesures le potentiel de compensation était toujours du côté de Q_2. La sensibilité de l'électromètre n'en était pas modifiée.

[2] Lecture de la déviation de l'électromètre de 5 en 5". Comparez l'exemple d'une observation : Edgar Meyer, *Phys. Zeitschr.* (13), 78, 1912.

lectures de l'électromètre, j'ai subdivisé les séries ; mais une subdivision comprenait au moins 35 séries.

Mais comme la charge de courant du Bronson, et en même temps sa résistance, change avec des courants de ionisation de force différente en J, la sensibilité du dispositif varie pour les mesures des variations. Par conséquent, pour pouvoir comparer entre elles deux variations mesurées pour deux charges de courant différentes de BW, il faut d'abord les rapporter à la même sensibilité. On se sert pour cela du dispositif suivant. L'électrode L, d'une petite capacité supplémentaire K, est toujours reliée à Q_1. Au moyen de la clé S_3, on peut brusquement mettre en contact avec l'autre électrode M de la capacité K la tension de la batterie B_5 (120-180 volts) ; on peut également couper brusquement ce contact ; M est alors relié à la terre (W_4 est une résistance de 10^6 ohms, V_3 un électromètre de Braun). De cette façon, la même quantité d'électricité est toujours induite en L et sur tout le système qui lui est relié. Si la déviation ballistique de l'électromètre est de ΔV_1 et ΔV_2 dans les deux cas, la correction cherchée sera $\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}$. Si donc, par exemple, les deux variations mesurées dans les deux cas étaient ε_1 et ε_2, on a $\varepsilon'_2 = \varepsilon_2 \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}$ comme valeur de la seconde variation corrigée, c'est-à-dire ramenée à la même sensibilité du dispositif pour laquelle on avait mesuré ε_1 ; ε_1 et ε'_2 sont donc comparables. J'ai montré empiriquement, dans un autre travail[1], que cette méthode donne une correction suffisamment exacte pour les limites entre lesquelles on considère $\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}$ et par rapport à l'exactitude des mesures des variations.

Tous les conducteurs étaient protégés au point de vue électrostatique par des tubes métalliques reliés à la terre. Il fut apporté un soin particulier à ce que dans le voisinage de J, l'espace compris entre les conducteurs et les tubes métalliques soit petit (distance 1 mm.), afin que la ionisation, due en cet

[1] Edgar Meyer, *Phys. Zeitschr. l. c.* Les mesures données à la tabelle 4 ont été obtenues au cours du présent travail avec le condensateur différentiel.

endroit au rayonnement du Ra, soit si possible de peu d'importance par rapport à celle en BW.

§ 3. La fig. 2 donne une coupe horizontale schématique, de grandeur naturelle, du *condensateur différentiel* passant par le

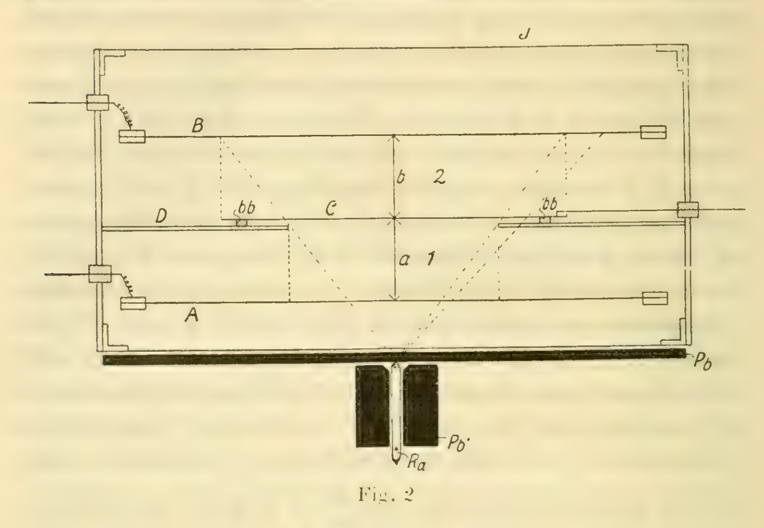


Fig. 2

milieu de l'appareil, au niveau de la préparation de $RaBr_2$. Il se compose d'un cadre parallèlipipédique de laiton dont les arrêtes mesurent 23,2 × 23,4 × 12 cm. Les faces antérieure et postérieure sont couvertes de tôle d'aluminium de 0,2 mm. d'épaisseur (de 23,2 × 23,4 de dimension), fixée au moyen de vis ; les autres faces sont couvertes de même manière, mais l'épaisseur de la tôle est de 2 mm. Les deux électrodes A et B sont faites de tôle d'aluminium de 21,8 × 21,8 cm., sur 0,2 mm. d'épaisseur ; elles sont supportées par des cadres de laiton (composés de bandes de laiton de 4 mm. d'épaisseur et 10 mm. de largeur) et fixées sur des supports d'ébonite convenables. L'électrode A est fixe, à une distance de 18 à 20 mm. de la paroi d'aluminium antérieure ; l'électrode B est mobile et peut être déplacée parallèlement à elle-même au moyen d'un levier et d'une glissière. L'électrode médiane est agencée de la manière suivante pour permettre d'utiliser également, dans tout l'espace des deux chambres A ←→ C et C ←→ B (que nous désignerons dans ce qui suit par condensateurs 1 et 2), un

seul faisceau étroit de rayons, pour que l'une de ces chambres présente par conséquent, autant que possible, les avantages d'un condensateur sphérique[1]. Une lame d'aluminium D de 22,5 cm.[2] environ sur 1 mm. d'épaisseur est fixée à une distance de A de 29-30 mm. et reliée par un conducteur à la chambre J et par conséquent mise à la terre. Elle est pourvue, en son milieu, d'une ouverture circulaire de 83 mm. de diamètre. Du côté de B, elle porte le plateau d'électromètre C au moyen de 4 petits supports d'ambre *bb* de 3 mm. d'épaisseur. Pour les premières expériences, B était formée de tôle d'aluminium de 0,2 mm. d'épaisseur. Le radium Ra est distant de 23,4 mm. du plateau antérieur A, et l'espace à mesure 33 mm. Dans ces conditions, on peut utiliser également toutes les directions du rayonnement, dans l'espace des deux condensateurs, lorsque $a = b$, comme cela résulte d'une simple considération géométrique, et comme les hachures de la fig. 2 sont destinées à le montrer.

L'effet de la lame D est d'abord de servir de plateau de garde, elle sert ensuite pour C d'écran aux ions qui se forment plus nombreux dans le condensateur 1 que dans le condensateur 2, le premier étant plus rapproché de la préparation de Ra (en supposant que les dimensions de 1 et 2 sont les mêmes). Les mesures confirmèrent cette supposition. Tandis que pour le cas représenté à la fig. 2, les deux courants de saturation en 1 et 2 étaient égaux, lorsque a était à peu près égal à b (nous donnerons toujours dans la suite les valeurs de a et de b), il fallait à peu près doubler b, lorsque C était fixé isolé sur le plateau D (voir fig. 1). Il en résulte que l'on peut considérer les rayons actifs en 1 et en 2 comme émanant de la source de rayons en forme de point Ra. Le condensateur différentiel est constamment, au cours des expériences, resté enveloppé dans de la ouate, de façon à éviter de brusques variations de la température.

§ 4. Comme je l'ai déjà mentionné, j'avais placé entre le radium et J un écran de plomb de 3 mm. d'épaisseur (dimen-

[1] Les avantages d'un conducteur sphérique ne sont pas réalisés d'une façon absolue, *tous* les rayons n'étant pas utilisés de la même manière.

sion environ 20 × 20 cm.), afin de n'avoir que l'action due aux rayons γ ; je suis arrivé à l'obtenir en mesurant les courants de saturation i en J pour différents écrans de plomb de différentes épaisseurs. A et B possédaient le même potentiel de 2000 volts. Le tableau I donne les résultats. d est l'épaisseur de la feuille de plomb en mm., le courant en unités arbitraires. La fig. 3 donne un tracé graphique des résultats.

Tableau I

d	i
0	0.495
0.25	0.109
0.5	0.063
1.0	0.056
1.5	0.052
2.0	0.049
3.0	0.041
3.5	0.040
5.0	0.033

On voit, d'après ces résultats, que déjà pour $d = 1$ mm., l'action des rayons β n'est plus guère sensible.

En tous cas, la feuille de plomb de 3 mm. est absolument suffisante pour n'avoir que l'action due aux rayons γ. Il est important de constater, en vue des expériences qui seront faites plus tard, que, pour une épaisseur de plomb d'environ 0,3 mm., le rayonnement β n'a plus que la 14e partie environ de sa valeur, comme on peut le voir d'après la fig. 3. Il faut encore remarquer, que pour $d = o$, que sauf pour la paroi de verre du récipient contenant le radium, il y avait devant le condensateur 1 encore deux couches d'aluminium de 0,2 mm., et une couche de 0,2 mm. entre 1 et 2 sur le parcours des rayons.

§ 5. Les expériences sur la manière dont les ionisations dépendent les unes des autres le long de la direction de propagation ont été exécutées comme suit[1] : Le radium Ra est placé

[1] M. Geiger a employé une méthode analogue pour les rayons α. H. Geiger, *Phil. Mag.* (6), 15, 539, 1908.

dans la position figurée à la fig. 2 et la distance b est réglée de telle sorte que les courants de saturation i_1 et i_2, dans les condensateurs 1 et 2, soient égaux. La façon la plus simple d'y arriver est de charger A à +1000 volts, B à —1000 volts : l'électromètre E ne doit présenter alors aucune déviation.

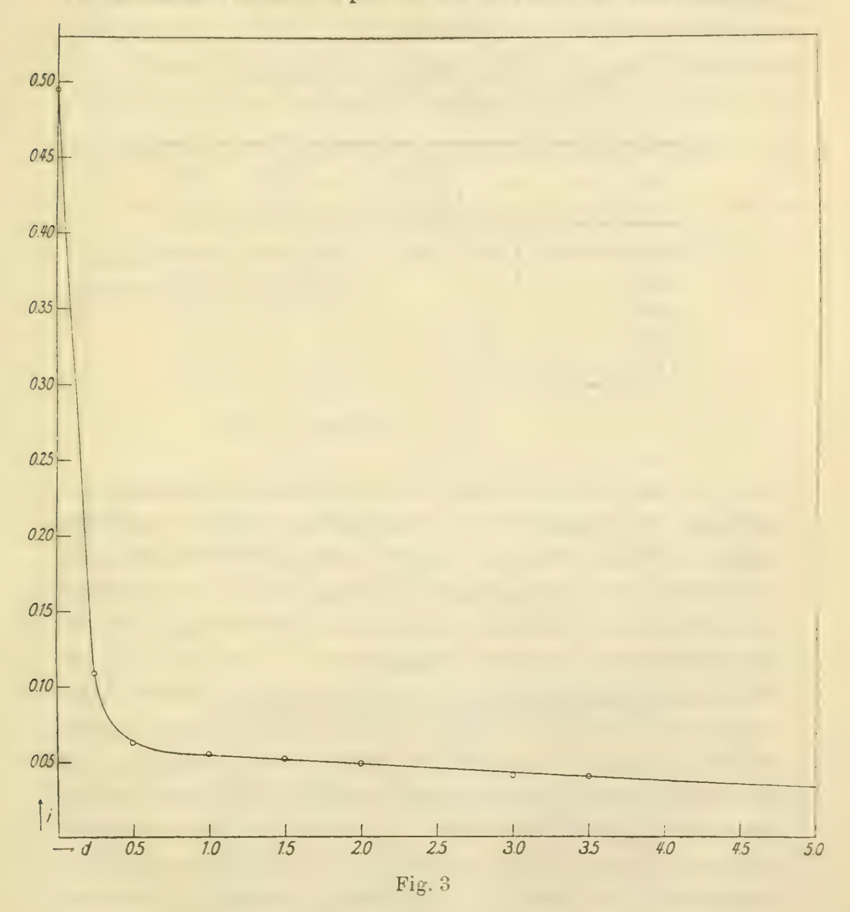


Fig. 3

Si les processus de ionisation dans 1 et 2 sont deux phénomènes complètement indépendants l'un de l'autre, la variation ε_{++} (l'index ++ signifie A et B chargés à —1000 volts) doit être égale à la variation ε_{+-} (A +1000 volts, B —1000 volts). et par conséquent $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{+-}} = 1,00$. Si les processus de ionisation

sont complètement dépendants l'un de l'autre, on doit avoir $\varepsilon_{+-} = o$. Le tableau II donne une série de mesures. La désignation des colonnes est facile à comprendre d'après ce qui précède ; EE désigne la sensibilité de l'électromètre, 2 mm. par volt.

Tableau II

Plateau de l'électromètre $d = 0{,}2$ mm. Al.;
$a = 33$ mm.; $b = 26$ mm.

EE	ε_{++}	ε_{+-}	$\frac{\Delta V_{++}}{\Delta V_{+-}}$	ε'_{++}	$\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{+-}}$	ε_0
5675	3.18	1.32	1.06[1]	3.00	2.27	0.40
5450	4.54	1.35		4.28	3.17	0.36
5475	4.21	0 99		3.97	4.01	0.67
5450	3.15	1.36		2.97	2.18	0.45
5175	3.69	1.14		3.48	3.05	0.51
				Moyenne	2.94	

Il y a lieu de remarquer que pour chaque expérience les variations de l'aiguille de l'électromètre ont été mesurées lorsque le radium avait été enlevé. Les valeurs données dans le tableau II sont déjà corrigées, par rapport à cette variation sans radium[2]. Des mesures spéciales ont démontré que la variation sans radium a la même valeur pour $++$ et $+-$; elle ne fut donc déterminée qu'une fois pour chaque expérience (une colonne horizontale). La valeur de cette variation était en général très constante et relativement petite, si l'on veillait à une disposition stable des appareils en reliant C au reste du système avec un petit morceau de « Lametta » facilement mobile. La variation sans radium est donnée pour une fois comme dans la colonne E_0 du tableau II. Le résultat du tableau II, qui donne pour $\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{+-}}$ la valeur 2,94. signifie que, dans les conditions dans lesquelles il a été opéré, les processus de ionisations dépendent fortement l'un de l'autre en 1 et 2.

[1] Moyenne de plusieurs observations faites différents jours.
[2] Cf. Edgar Meyer, *Phys. Zeitschr.*, *l. c.*

§ 6. Pour pouvoir tirer des conclusions du § précédent, il est nécessaire de savoir si les variations dans *chacune* des chambres sont suffisamment égales entre elles et indépendantes de la direction du courant ; la méthode employée repose sur cette supposition. Soient ε_{1+} la variation dans le condensateur 1, lorsque A est chargé à +1000 volts et B mis à la terre, $\varepsilon_{2}+$ et $\varepsilon_{2}-$ la variation dans le condensateur 2 lorsque B est chargé respectivement à + et —1000 volts et A mis à la terre. Les rapports $\frac{\varepsilon_2-}{\varepsilon_2+}$ et $\frac{\varepsilon_2+}{\varepsilon_1+}$ qui entrent en jeu pour la mesure de $\frac{\varepsilon++}{\varepsilon+-}$ sont à déterminer dans les mêmes conditions que les résultats obtenus dans le tableau II. Les tableaux III et IV donnent les résultats.

Tableau III

EE	ε_2-	ε_2+	$\frac{\Delta V_2-}{\Delta V_2+}$	ε'_2-	$\frac{\varepsilon'_2-}{\varepsilon_2+}$
5450	2.04	1.58	1.03[2]	1.98	1.25
5400	2.08	1.70		2.02	1.19
5650	2.00	1.93		1.94	1.01
				Moyenne	1.15

Tableau IV

EE	ε_2+	ε_1+	$\frac{\Delta V_2+}{\Delta V_1+}$	ε'_2+	$\frac{\varepsilon'_2+}{\varepsilon_1+}$
5575	2.10	1.99	1.06[2]	1.98	0.99
5800	2.34	2.20		2.21	1.00
5900	1.73	2.43		1.63	0.67
5825	2.24	2 14		2.11	0.99
				Moyenne	0.91

On peut considérer avec une approximation suffisante que $\varepsilon_1+ = \varepsilon_2+ = \varepsilon_2-$, si l'on tient compte de l'exactitude de

[1] et [2] Moyennes de différentes observations faites différents jours.

ces mesures de variation qui, d'après la moyenne de 5 observations, est de 10 à 15 %. En tous cas, ces écarts ne sont pas suffisants pour expliquer les résultats du tableau II.

§ 7. Le tableau V donne la détermination du rapport $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{1+}}$. Si l'on connait sa valeur, on peut calculer la variation ε_{++} en partant de quelques suppositions, et l'on a ainsi une confirmation indirecte des résultats du tableau V.

TABLEAU V

EE	ε_{++}	ε_{1+}	$\frac{\Delta V_{++}}{\Delta V_{1+}}$	$\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{1+}}$
5825	5.04	2.08	1.16	2.09
5750	4.33	2.23	1.15	1.69
5725	4.34	2.78	1.17	1.33
5575	6.15	2.24	1.17	2.35
5525	5.60	2.08	1.15	2.34
5525	4.61	2.15	1.14	1.88
			Moyenne	1.95

§ 8. Les résultats expérimentaux des §§ 5 à 7 nous ont donné :

$$\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{+-}} = 2.94 \qquad \frac{\varepsilon_{2+}}{\varepsilon_{1+}} = 0.91$$

$$\frac{\varepsilon_{2-}}{\varepsilon_{2+}} = 1.15 \qquad \frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{1+}} = 1.95$$

Si l'on pose $\varepsilon_{1+} = 1$, les différentes variations auront comparativement entre elles les valeurs suivantes :

$$\varepsilon_{1+} = 1.00$$
$$\varepsilon_{2+} = 0.91$$
$$\varepsilon_{++} = 1.95$$
$$\varepsilon_{2-} = 1.05$$
$$\varepsilon_{+-} = 0.66$$

La variation $\varepsilon_{+-} = 0,66$, trouvée pour la mise en circuit $+-$, doit être la variation qui se compose de la superposition des variations indépendantes l'une de l'autre en 1 et 2. Si l'on suppose, ce qui est bien à peu près le cas, que les varia-

tions indépendantes l'une de l'autre en 1 et en 2 (ε_{u1+} et ε_{u2}) sont égales, on aura pour leur valeur[1] :

$$\varepsilon_{u1+} = \varepsilon_{u2-} = \frac{\varepsilon_{+-}}{\sqrt{2}} = \frac{0.66}{1.41} = 0.47.$$

On obtient la valeur des portions de variation qui dépendent l'une de l'autre dans les deux chambres (ε_{a1+} et ε_{a2+}) en supposant que les portions de variations qui sont indépendantes et celles qui dépendent l'une de l'autre sont indépendantes les unes des autres, on aura ainsi :

$$\varepsilon^2_{a1+} = \varepsilon^2_{1+} - \varepsilon^2_{u1+} = 1^2.00 - 0^2.47 = 1.00 - 0.22 = 0.78$$
$$\text{ou } \varepsilon_{a1+} = 0.88.$$

De même :

$$\varepsilon^2_{a2+} = \varepsilon^2_{2+} - \varepsilon^2_{u2-} = 0^2.91 - 0^2.47 = 0.83 - 0.22 = 0.61$$
$$\text{ou } \varepsilon_{a2+}\ 0.78$$

Si l'on considère la variation ε_{++} comme formée de portions indépendantes et de portions dépendantes des variations, on aura :

$$\varepsilon^2_{++} = (\varepsilon_{a1+} + \varepsilon_{a2+})^2 + \varepsilon^2_{u1+} + \varepsilon^2_{u2+}$$
$$= (0.88 + 0.78)^2 + 0^2.47 + 0^2.47 = 1^2.66 + 2.0^2.47 = 2.76 + 0.44 = 3.20$$

ou $\varepsilon_{++} = 1{,}79$ comme valeur calculée, tandis que la valeur observée $\varepsilon_{++} = 1{,}95$.

En considérant le degré d'approximation des mesures des variations et la méthode peu exacte de calcul, cette concordance des deux valeurs me paraît satisfaisante. Je considère ce résultat comme une confirmation de ceux obtenus au § 5, à savoir que les processus de ionisation dépendent les uns des autres le long de la direction de propagation d'un faisceau de rayons.

Il n'est pas inutile de remarquer que l'on obtient les mêmes résultats lorsqu'on mesure à la place de $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{1+}}$ la valeur $\frac{\varepsilon_{1+}}{\varepsilon_{+-}}$ et qu'on la porte dans les calculs.

Si les ionisations ne dépendaient en aucune façon les unes des autres, on aurait en superposant les différentes variations :

[1] Cf. K. W. F. Kohlrausch, *Wien. Ber.* 115, Abt. II$_a$, 678, 1906.

$$\varepsilon^2{}_{++} = \varepsilon^2{}_{1+} + \varepsilon^2{}_{2+} = 1^2.00 + 0^2.91 = 1.00 + 0.83 = 1.83$$
$$\text{ou } \varepsilon_{++} = 1.35$$

or, la valeur mesurée de ε_{++} est de 1,95, et cet écart ne peut certainement pas être expliqué par une faute dans les mesures.

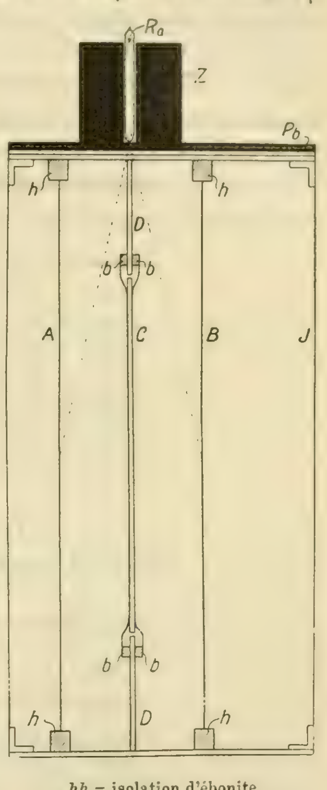
§ 9. On pourrait supposer que la dépendance des ionisations les unes des autres, telle qu'elle a été constatée aux §§ 5 à 8, se produit de la manière suivante. Les rayons secondaires β, produits sur les parois des vases et peut-être aussi dans l'air, et qui naturellement possèdent une grande vitesse, pourraient traverser le plateau de l'électromètre C et occasionner cette dépendance des processus de ionisation l'un de l'autre dans 1 et 2. Pour prévenir cette objection, le plateau C fut construit en tôle de laiton de 0,25 mm. d'épaisseur et son diamètre porté à 140 mm. Sur ces deux faces sont fixées, au moyen de goupilles d'aluminium, des plateaux d'aluminium de même grandeur et de 0,2 mm. d'épaisseur. Si l'on admet que l'absorption des rayons β du radium est à peu près proportionnelle à la densité de la couche absorbante[1], le nouveau plateau C correspondrait à une lame de plomb de 0,3 mm. d'épaisseur. Des expériences du § 4, il résulte que ce plateau C affaiblirait, dans la proportion de 14 à 1 au moins, le rayonnement β qui va d'une chambre à l'autre, même en supposant que les rayons β secondaires ont la même vitesse que les rayons β primaires rapides, qui agissaient dans les expériences du § 4. Le tableau VI donne les résultats obtenus avec le nouveau plateau de l'électromètre.

Dans le § 5, nous avons obtenu pour $\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{+-}}$ la valeur 2,94 ; elle a diminué maintenant de 2,94 à 2,65, et davantage même si l'on considère que pour les expériences du tableau II les distances a et b n'étaient pas aussi rigoureusement égales que pour celles du § 6. Car une différence entre a et b détermine un changement dans l'indépendance des ionisations les unes des autres. Il en résulte, par conséquent, que pour les expériences du § 5 une partie de la superposition obtenue est à

[1] R. J. Strutt, *Nat.* 1900, 539.

expliquer par l'action des rayons secondaires β, mais que cette action est bien loin d'expliquer toute la superposition observée, car, dans les expériences du tableau VI, les rayons secondaires β étaient, comme on l'a montré, relativement bien écartés sans que la superposition disparaisse.

§ 10. Il était intéressant de rechercher si une superposition semblable de processus de ionisation pouvait également être constatée dans deux espaces gazeux, indépendants l'un de l'autre, lorsque la ligne qui les relie est perpendiculaire à la direction des rayons. Dans ce but, on remplaça l'anneau de garde D de la fig. 2 par un nouveau plateau d'Al de 1 mm. d'épaisseur et de 22,5 cm. × 22,5 cm. de grandeur qui est percée en son milieu d'une ouverture circulaire de 142 mm. de diamètre. Un plateau d'Al, C de 140 mm. de diamètre, est fixé et bien isolé au centre du premier plateau, au moyen de supports d'ambre *bb*, comme cela est indiqué à la fig. 4. Une feuille de plomb de 3 mm. d'épaisseur fut alors placée sur le couvercle supérieur de J, la distance *a* rendue égale à la distance *b*, et la préparation de radium, qui se trouve dans une cavité faite dans un cylindre de plomb Z de 4 cm. d'épaisseur, placée sur la feuille de plomb, autant que possible dans le même plan que le plateau C et au-dessus de son centre. La fig. 4 donne une vue latérale schématique, toutes proportions de grandeur gardées du nouveau dispositif. La distance du radium du bord supérieur du plateau C est de 53 mm., l'angle α entre la préparation de radium et le milieu de A et de B est de 25° environ.



hh = isolation d'ébonite
Fig. 4

Le tableau VII donne le résultat d'une série de mesures qui ont été exécutées de la même manière que précédemment. La désignation des colonnes est la même, et les variations sont corrigées par rapport à la variation sans radium.

Tableau VI

Plateau de l'électromètre : d correspond à 1,2 mm. Al ou 0,3 mm. Pb
$a = 34$ mm., $b = 34$ mm.

EE	ε_{++}	ε_{+-}	$\frac{\Delta V_{++}}{\Delta V_{+-}}$	$\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{+-}}$
5450	4.83	1.54	1.05	2.99
5575	5.29	1.73	1.04	2.94
5500	5.02	1.78	1.07	2 63
5525	4.63	1.74	1.07	2.49
5525	4.05	1.74	1.06	2.20
			Moyenne	2.65

Tableau VII

Plateau de l'électromètre $d = 2$ mm. d'Al
$a = b = 27$ mm.

EE	ε_{++}	ε_{+-}	$\frac{\Delta V_{++}}{\Delta V_{+-}}$	$\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{+-}}$
4825	4.42	1.68	1.03	2.55
4800	5.00	1.56	1 03	3.11
4600	3.39	2.11	1.04	1.55
5190	3.75	1.87	1.04	1.93
5215	4.64	1.77	1.04	2.52
			Moyenne	2.33

On voit que dans ce cas également, il y a une forte dépendance $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{+-}} = 2.33$. Ces expériences sont tout à fait analogues à celles que j'ai faites dans mon travail *(l. c.)* sur la dépendance des variations de l'ouverture du faisceau de rayons servant à l'observation. J'ai trouvé autrefois, pour le rappeler en passant, que les variations sont indépendantes pour un grand

angle d'ouverture : actuellement je trouve qu'elles en dépendent pour un angle d'ouverture relativement petit par rapport à l'angle 4π [1].

§ 11. On pourrait encore mettre la dépendance des variations sur le fait que les chambres ne sont pas suffisamment bien fermées, l'une par rapport à l'autre. J'ai répété les expériences, mais en substituant au plateau D une feuille d'Al de 2 mm. d'épaisseur et au plateau C une feuille de plomb de 3 mm. et de 140 mm. de diamètre. Tout le reste du dispositif restait sans changement. Le tableau VIII contient les résultats.

Tableau VIII

Plateau de l'électromètre d = 3 mm Pb

$a = b = 27{,}5$ mm.

EE	ε_{++}	ε_{+-}	$\frac{\Delta V_{++}}{\Delta V_{+-}}$	$\frac{\varepsilon'_{++}}{\varepsilon_{++}}$
4990	4.78	1.83	1.02	2.56
5040	5.85	2.09	1.04	2.69
4965	7.43	1.93	1.02	3.77
4940	7.35	1.97	1.03	3.62
4950	6.63	2.16	1.04	2.95

Moyenne 3.12

Comme on le voit, il y a de nouveau une forte dépendance, il faut en conclure qu'elle ne peut pas être due aux rayons secondaires β. La valeur trouvée maintenant pour $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{+}} = 3.12$ est notablement plus grande que celle qui résulte des mesures du tableau 7, ou $\frac{\varepsilon_{++}}{\varepsilon_{+-}} = 2.33$. Cette différence qui est probablement réelle et qu'il ne faut pas attribuer à des erreurs de mesures, semble présenter quelque intérêt. Il en résulterait, en effet, que les rayons β produits en plus grande quantité sur la feuille de Pb que sur la feuille d'Al dépendent fortement les

[1] En adjonction à ce travail, j'ai contrôlé mes précédentes mesures et les ai trouvées exactes.

uns des autres, en d'autres termes qu'ils sont produits des deux côtés en même temps par la même impulsion.

§ 12. Il n'est peut-être pas sans intérêt de comparer la valeur trouvée de la variation avec celle que l'on peut déduire approximativement des données radioactives. Il est bien entendu qu'il ne peut être question que d'une comparaison dans les ordres de grandeur. Les expériences du tableau n° 6 serviront d'exemple. La moyenne de ε_{++} et ε_{+-} est d'environ 4.76 et 1.71, ce qui donne pour la partie de la variation qui est dépendante dans les deux chambres (peut-être faut-il seule la considérer, voir plus bas) la valeur

$$\sqrt{4^2.76 - 1^2.71} = 4.44$$

La sensibilité de l'électromètre était d'environ 5515 degrés de l'échelle par volt, et le potentiel de compensation au Bronson pour la mise en circuit ε_{++} environ en moyenne 1.22 volt. La valeur de la variation dépendante relative est donc de

$$\bar{\varepsilon}_a = \frac{4.44}{5515 \,.\, 1.22} = 6{,}6 \,.\, 10^{-4} \text{ (valeur observée)}$$

Mais c'est le courant tout entier qu'on a pris pour le calcul, sans déduire la portion du courant qui porte la portion de *variation indépendante.*

Si l'on admet[1] que les rayons γ de grande dureté qui arrivent à l'observateur émanent du Ra C de la préparation de Ra Br_2 qui est en équilibre radioactif, si l'on suppose de plus qu'à chaque émission β du Ra C correspond une impulsion γ, 1 gr. de Radium émettrait par seconde $3.4 \,.\, 10^{10}$ impulsions γ, et pour 5 mg de Ra Br_2 $n = 2{,}9 \times 3{,}4 \,.\, 10^7$ impulsions γ par seconde[2].

En considérant que le rapport de l'angle α, sous lequel la chambre de ionisation apparaît depuis la source des rayons, à l'angle 4π est d'environ 0,15 (ce qu'on peut déduire des dimensions de l'appareil), le nombre des impulsions γ qui sera appréciable par seconde dans la chambre sera de

$$Z = n \frac{a}{4\pi} = 2{,}9 \,.\, 3{,}4 \,.\, 10^7 \,.\, 0{,}15 = 1{,}5 \,.\, 10^7$$

[1] E. von Schweidler, *Phys. Zeit.* 11 p. 614, 1910, a fait un calcul analogue.

[2] E. Rutherford et H. Geiger. *Proc. Roy. Soc.* A. 81. 162. 1908.

On aura par conséquent pour les variations relatives par seconde la valeur [1] :

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{Z}} = \frac{1}{\sqrt{15 \, . \, 10^6}} = 2{,}7 \, . \, 10^{-4} \text{ (valeur calculée)}$$

La concordance des ordres de grandeur pour les valeurs observées et calculées de ε est bonne. Toutefois, il aurait fallu calculer la véritable valeur de la variation soustraite à l'influence des constantes de l'appareil à partir de la valeur de ε d'après la théorie de Campbell [2], mais les données me manquaient pour cela. Cependant l'ordre de grandeur de ε observé n'en est certainement pas changé. Je tiens à rappeler encore une fois les hypothèses nombreuses et parfois très incertaines qui sont à la base de ce calcul.

§ 13. On serait porté à considérer d'après les expériences des § 5 à 9 la partie dépendante de la variation comme la variation propre des rayons γ, et la partie indépendante comme une variation due à l'émission des rayons secondaires β et aux processus de ionisation dans le gaz. M. Campbell a cru pouvoir attribuer à des variations de cette dernière espèce les variations dues aux rayons γ que j'ai trouvés précédemment. Les calculs du § 8 montrent que la partie dépendante de la variation et la partie indépendante sont à peu près indépendantes l'une de l'autre, et la variation résultante se compose suivant la formule connue de la théorie des erreurs. C'est la raison pour laquelle la partie indépendante de la variation n'a que peu d'influence sur la variation tout entière. Comme exemple, nous nous servirons du calcul du § précédent : la valeur de la variation totale est de 4,76, celle de la partie dépendante 4,44. Si cette manière de voir est juste, il en résulterait aussi que ces « variations de Campbell » n'ont pas d'influence bien grande sur nos anciennes expériences sur la structure des rayons γ, ce que j'ai déjà cherché à prouver autrefois en faisant différentes expériences avec différents matériaux pour les chambres de ionisation.

[1] E. von Schweidler. Premier Congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation. Liège 1905. *Beibl.* 31, 356, 1907.

[2] Norman Campbell. *Phys. Zeitschr.* 11, 826, 1910.

§ 14. Pour terminer je veux indiquer quelques données relatives au dispositif des expériences.

La durée d'oscillation de l'aiguille de l'électromètre (période entière varie entre 38 et 40″.

Amortissement de l'aiguille de l'électromètre 4,9.

Résistance de Bronson mesurée par les expériences du tableau VI, environ $9,2 . 10^{10}$ ohm.

Courant total pour les expériences du tableau VI (A et B sous le même potentiel), environ $1,6 . 10^{-11}$ ampère.

§ 15. Le résultat des expériences que nous venons de relater, au cours desquelles on peut, pour ainsi dire, suivre le chemin d'une impulsion γ, est le suivant : dans deux espaces gazeux suffisamment protégés l'un de l'autre, les processus de ionisation dus à une même source de rayons γ sont en partie liés les uns aux autres lorsque les espaces gazeux sont situés l'un derrière l'autre le long de la direction de propagation, ou lorsque, dans certaines conditions [1], ils lui sont perpendiculaires. Ces résultats seront désignés dans ce qui suit par effet longitudinal et effet transversal. Il me semble qu'il en résulte que pour la partie du rayonnement qui donne naissance à la variation dépendante, une impulsion γ doit avoir de l'influence pour *plus* d'un processus de ionisation, ou peut-être qu'une seule impulsion γ peut donner naissance à plus d'un rayon β secondaire. En particulier, on pourrait peut-être expliquer l'effet longitudinal en supposant qu'une impulsion γ peut contribuer à la ionisation en différents endroits de son trajet, sans avoir abandonné toute son énergie. D'autre part, on peut expliquer l'effet transversal en admettant que pour un processus élémentaire d'émission de rayons γ, la dilatation du volume rempli d'énergie, perpendiculaire à la direction de propagation de l'énergie, n'est pas petite par rapport aux dimensions de la chambre à ionisation employée. Mais il serait possible aussi qu'on puisse ramener l'effet transversal à l'effet longitudinal en considérant que la source de rayonnement du Ra n'était pas rigoureusement réduite à un point et qu'elle ne se trouvait

[1] L'angle sous lequel l'ouverture de la chambre de ionisation apparaît depuis la source des rayons est relativement petit par rapport à l'angle 4π.

peut-être pas tout à fait exactement dans le plan du plateau de l'électromètre.

Il me semble en tous cas que la théorie de Bragg[1] sur les processus de ionisation dus aux rayons γ, n'est pas à même, en tous cas dans sa forme actuelle, d'expliquer mes expériences[2].

Bragg admet en effet qu'un corpuscule γ ne peut émettre à la fois qu'un rayon β secondaire, qui agit de son côté comme ioniseur. S'il le fait, c'est pour rester d'accord avec ce fait que l'on a trouvé que la vitesse des rayons secondaires β émis par les rayons γ du radium est presque indépendante du matériel du corps qui rayonne secondairement et de l'intensité de la source de rayonnement[3] et qu'elle est presque du même ordre de grandeur que les rayons β les plus rapides du Ra. On pourrait cependant faire cadrer mes observations avec la théorie de Bragg en admettant, ce qui est bien possible d'après Bragg, que lorsque les rayons β secondaires atteignent le plateau de l'électromètre, ils se transforment en rayons γ, traversent le plateau comme rayons γ et se transforment à nouveau de l'autre côté en rayons β.

Ainsi, tandis qu'il est facile d'expliquer d'une manière simple l'effet longitudinal, il faut admettre pour l'effet transversal une forte dispersion du rayonnement[4]. Récemment, cependant, Gray[5] a démontré une transformation de ce genre de rayons β en rayons γ pour RaE[6]; il me semble douteux, toutefois, qu'il soit possible d'expliquer de cette façon la dépendance constatée.

[1] Par ex. W. H. Bragg, *Phil. Mag.* (6) 20, 385, 1910.

[2] J'ai montré ailleurs (*Phys. Zeit. l. c.*) que les expériences de C. T. R. Wilson (*Proc. Roy. Soc.* A 85, 285, 1911) ne confirment pas la théorie de Bragg.

[3] W. H. Bragg et J. P. V. Madsen, *Phil. Mag.* (6) 16, 918, 1908. D'ailleurs P. D. Innes (*Proc. Roy. Soc. A.* 79, p. 442, 1907) trouve que la vitesse des rayons secondaires β transformés par les rayons Röntgen dépend de la matière du corps qui émet ces rayons secondaires. De même aussi Cooksey (*Sill. Journ.* (4), 24, p. 284. 1907.

[4] M. Starke a aimablement attiré mon attention sur ce point.

[5] J.-A. Gray, *Proc. Roy. Soc. A.*, 85, 131, 1911.

[6] Pour RaC, cette transformation n'a pas lieu d'une manière sensible, d'après les expériences de H. Starke, *Verh. Deut. Phys. Ges.*, 10, 267, 1908, et Davison, *Phys. Rev.*, 28, 469, 1909.

Il ne me semble pas non plus que la « théorie des quanta de lumière » des rayons γ soit en concordance avec mes expériences, car il serait difficile d'en déduire l'effet transversal.

L'explication la plus simple est bien de considérer comme exacte la théorie des rayons γ de Sommerfeld[1], car l'effet longitudinal comme l'effet transversal en découle sans autres ; la question de savoir si la concordance est bonne également au point de vue quantitatif demeure toutefois réservée[2]. Je ne me cache pas, cependant, que l'on aura une grande difficulté à expliquer d'où provient l'énergie considérable des rayons β secondaires. Si l'on ne veut pas la considérer, d'après une ancienne théorie de Wien[3], comme due à l'énergie interne de l'atome, il faut admettre que les parties qui émettent (résonnateurs) accumulent l'énergie nécessaire en la prenant à une série d'impulsions γ qui passent sur elles.

Une théorie, comme celle que Sommerfeld[4] a donnée récemment pour l'effet électrique de la lumière, surmonterait peut-être les difficultés que l'on rencontre ici.

Il résulte, d'une manière générale, que mes mesures de variations ne peuvent être ni absolument isotropes (cf. mon travail précédent), ni absolument anisotropes dans l'espace (cf. ce travail), mais qu'elles doivent présenter le caractère d'une certaine anisotropie partielle, dans le genre de celle qu'on pourrait présumer, au point de vue électromagnétique, d'après Sommerfeld[5].

[1] A. Sommerfeld, *Münchener Akad. d. Wissensch.*, 41, 1, 1911.

[2] M. Sommerfeld prépare, paraît-il, des recherches théoriques à ce sujet.

[3] M. Wien, *Ann. d. Phys.* (4), 18, 991, 1905.

[4] A. Sommerfeld, *Phys. Zeit.*, 12, 1057, 1911.

[5] On peut se représenter l'anisotropie partielle (comme M. Sommerfeld me l'a indiqué), sans s'en tenir au cône d'émission de Sommerfeld, de la manière suivante : d'après la conception de Barkla et celle de Starke (*Phys. Zeit.*, 10, 579 et 909, 1909), le rayonnement de Röntgen, émanant d'une anticathode, se compose d'une part d'une composante fluorescente, qui n'est pas polarisée et qui est rayonnée de tous côtés avec la même intensité, et d'autre part, d'une composante fluorescente qui d'après Sommerfeld serait partiellement anisotrope. En étendant cette manière de voir aux rayons γ, on pourrait peut-être ramener l'effet transversal et longitudinal à la composante isotrope fluorescente sans pouvoir con-

Ce travail a été exécuté dans les locaux de l'Ecole Technique supérieure d'Aix-la-Chapelle, en se servant, en partie, du matériel dont elle dispose.

Aix-la-Chapelle, décembre 1911.

clure à une extension de la seconde composante (la polarisée). On pourrait alors, sans s'écarter des résultats expérimentaux ci-dessus, attribuer à cette seconde composante une structure purement corpusculaire. La grandeur des variations décrites ci-dessus s'expliquerait alors par une hypothèse appropriée relative à la proportion que présentent entre elles la composante isotrope et celle anisotrope.

Toutefois je reconnais que cette explication est peu satisfaisante, car mes anciennes expériences avec grand angle d'ouverture donneraient pour la proportion de la composante isotrope à la composante anisotrope un tout autre chiffre que celui qui résulte de mes dernières expériences avec petit angle d'ouverture.

ACTION DE L'ACIDE SULFURIQUE CONCENTRÉ

SUR

QUELQUES NITRAMINES AROMATIQUES

(3me mémoire)

PAR

Frédéric REVERDIN et Franz LIEBL

Dérivés des méthyl-o- et -p-phénétidines

L'un de nous a fait connaître dans un mémoire précédent[1], le résultat de ses recherches, concernant l'action de l'acide sulfurique concentré sur les nitramines dérivées de la méthylaniline, de la méthyl-p-anisidine et des méthyl-o-et p-toluidines. Il nous a paru intéressant de poursuivre cette étude avec d'autres nitramines secondaires, dans le but de constater si la réaction observée est générale et de l'expliquer si possible ; nous avons préparé à cet effet les dérivés correspondants des o- et p-phénétidines.

Diméthyl-o-phénétidine :

$$C_6H_4 \begin{cases} OC^2H^5 \\ N(CH^3)_2 \end{cases}$$

Nous avons préparé cette base, qui n'était pas encore connue, en introduisant peu à peu 41 gr. d'o-phénétidine dans 76 gr. de sulfate de méthyle chauffé à 150°. Après avoir refroidi, nous avons ajouté de la lessive de soude et séparé les bases huileuses par décantation ; celles-ci ont été introduites lentement dans

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Genève, t. 30 (1910), p. 612 ; *Bul. Soc. Chim. de France* (4), t. 9 (1911), p. 43.

30 gr. d'anhydride acétique, afin d'éliminer les bases non méthylée et monométhylée, la température s'élève d'elle-même à 70°, puis, après une heure, nous avons étendu avec de l'eau, neutralisé avec une solution de carbonate de soude et distillé à la vapeur d'eau. La diméthyl-o-phénétidine ainsi obtenue est une huile incolore, Eb. 218-220° ; elle se colore en rose pâle sous l'action de la lumière et possède une odeur particulière. Le rendement en base diméthylée a été de 35 % seulement.

0.2400 gr. subst. ont donné 0.6364 gr. CO^2; 0.1882 gr. H^2O
0.1892 » » 15.3 cc. N (20°; 721 mm.)
Calculé pour $C^{10}H^{15}ON$ C = 72.62 %. H = 9.15 %. N = 8.50 %
Trouvé C = 72.32 %. H = 8.77 %. N = 8.72 %

Dinitro-3-5-méthylnitramino-o-phénétidine :

OC^2H^5 ; $N<^{CH^3}_{NO^2}$; NO^2 ; NO^2

Cette combinaison a été préparée en introduisant 5 gr. de diméthyl-o-phénétidine dans 50 cc. d'acide nitrique de D = 1.4 et chauffant au bain-marie jusqu'au moment où commencent à se dégager des vapeurs rutilantes, puis coulant sur de la glace après refroidissement. La nitramine cristallise en aiguilles jaune pâle, f. à 79-80°. Le rendement a été de 50 %. Cette combinaison a déjà été décrite par Blanksma[1], qui l'avait préparée par une autre méthode.

0,2068 gr. subst. ont donné 0,2846 gr. CO^2; 0,0670 gr. H^2O
Calculé pour $C^9H^{10}O^7N$ C = 37.73 %. H = 3.52 %
Trouvé C = 37.53 %. H = 3.63 %

Lorsqu'on chauffe cette nitramine avec du phénol, elle fournit, par élimination du groupe NO^2 de l'amino, la *Dinitro-3-5-monométhyl-o-phénétidine :*

OC^2H^5 ; $N<^{CH^3}_{H}$; NO^2 ; NO^2

Cette substance, en feuillets orange, f. à 178°, a déjà été décrite par Blanksma[1], qui l'avait préparée en faisant réagir la

[1] *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, t. 24 (1905), p. 41.

méthylamine en solution alcoolique sur le trinitrophénétol correspondant et avait trouvé le F = 174°.

Dinitro-3-5-méthylnitrosamino-o-phénétidine :

OC^2H^5

$N\begin{matrix}CH^3\\NO\end{matrix}$

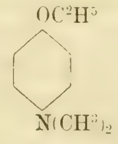
NO^2 NO^2

Nous avons préparé ce composé en dissolvant la dinitro-monométhyl-phénétidine dans de l'acide sulfurique concentré et introduisant dans cette solution refroidie la quantité voulue d'une solution de nitrite de soude, puis coulant sur de la glace. La nitrosamine se sépare sous la forme d'une masse semisolide qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool ; elle se dépose en aiguilles jaunes, f. à 71°, solubles dans l'éther acétique, l'acide acétique et le benzène, peu solubles dans l'éther et l'alcool froid, insolubles dans la ligroïne.

0,2007 gr. subst. ont donné 0,2932 gr. CO^2; 0.0696 gr. H^2O
0,0974 » » 18,7 cc. N(23°.5; 730 mm.)

Calculé pour $C^9H^{10}O^6N^4$	C = 39.97 %.	H = 3.72 %.	N = 20.76 %
Trouvé	C = 39.84 %.	H = 3.87 %.	N = 20.60 %

Diméthyl-p-phénétidine :



Préparée par la même méthode que le dérivé ortho, elle se présente sous la forme d'une huile qui se concrète par le refroidissement et f. ensuite à 35°. Cette base a déja été décrite par Knorr[1], qui l'avait préparée par distillation de l'iodure de p-éthoxyphényl-triméthyl-ammonium.

Il est préférable, pour arriver à la méthylnitramine du dérivé dinitré de cette base, de préparer d'abord la *Dinitro-3-5-méthylnitrosamino-p-phénétidine :*

OC^2H^5

NO^2 NO^2

$N\begin{matrix}CH^3\\NO\end{matrix}$

[1] *Annalen der Chemie*, t. 293, p. 24.

On a dissous, dans ce but, 10 gr. de diméthyl-p-phénétidine dans 100 cc. d'acide acétique cristallisable et introduit lentement dans cette solution refroidie 100 cc. HNO^3 de D = 1.4, de manière que la température ne dépasse pas 20°. La plus grande partie de la nitrosamine se dépose au bout de peu de temps en feuillets brillants et le reste peut être précipité par addition d'eau. Rendement : 80 %. Cette nitrosamine cristallise dans l'alcool et f. à 108°.

0,1982 gr. subst ont donné 0,2902 gr. CO^2; 0,0576 gr. H^2O.
0,0980 » » 18,1 cc. N (19°; 729 mm.)

Calculé pour $C^9H^{10}O^6N^4$ C = 39.97 %. H = 3.72 %. N = 20.76 %
Trouvé C = 39.93 %. H = 3.26 %. N = 20.26 %

Ce composé est facilement soluble dans l'acétone, l'éther acétique et l'acide acétique, dans l'alcool et le benzène à chaud, il est peu soluble dans l'éther et dans la ligroïne.

Il fournit par oxydation au moyen de HNO^3 de D = 1.52 à une température ne dépassant pas 30°, puis coulant sur de la glace après 20 minutes, la *Dinitro-3-5-méthylnitramino-p-phénétidine :*

OC^2H^5
NO^2 NO^2
$N\begin{smallmatrix}CH^3\\NO^2\end{smallmatrix}$

Cette nitramine est en aiguilles jaune pâle, f. à 95° ; elle est soluble dans l'alcool et dans l'acide nitrique et cristallise dans le premier en aiguilles et dans le second en feuillets, elle est également facilement soluble dans l'acide acétique, l'acétone, l'éther acétique et le benzène, difficilement soluble dans l'éther et dans la ligroïne.

0,2032 gr. subst. ont donné 0,2810 gr. CO^2; 0,0640 H^2O
0,0992 gr. » » 17.8 cc. N (21°; 723 mm.)

Calculé pour $C^9H^{10}O^7N^4$ C = 37.73 %. H = 3.52 %. N = 19.62 %
Trouvé C = 37.71 %. H = 3.53 %. N = 19.32 %

La nitramine ci-dessus, chauffée avec du phénol, fournit la *Dinitro-3-5-monométhyl-p-phénéditine :*

OC^2H^5
NO^2 NO^2
$N\begin{smallmatrix}CH^3\\H\end{smallmatrix}$

cristaux dentelés, rouge foncé, f. à 98°, facilement solubles dans l'alcool, l'acétone et l'acide acétique, difficilement solubles dans l'éther et dans la ligroïne.

0,1886 gr. subst. ont donné 0,3088 gr. CO^2; 0,0782 gr. H^2O
0,0986 » » 15,9 cc. N (23°; 729 mm.)

Calculé pour $C^9H^{11}O^5N^3$	C = 44.78 %.	H = 4.59 %.	N = 17.46 %
Trouvé	C = 44.65 %.	H = 4.64 %.	N = 17.33 %

La constitution de cette combinaison, ainsi que celle des précédents dérivés de la p-phénétidine, est établie par le fait que la dinitro-monométhyl-p-phénétidine fournit par réduction une m-diamine et que, par analogie avec les dérivés correspondants de la toluidine et de l'anisidine, il est évident que les groupes « nitro » doivent s'y trouver en positions 3-5 et non en 2-6, ce qui correspondrait également à une m-diamine[1].

En étudiant l'action de l'acide sulfurique concentré sur ces nitramines, on a constaté qu'elles fournissaient, comme celles qui ont fait l'objet des recherches antérieures, les nitrosamines correspondantes, mais les rendements sont plus faibles qu'avec les anisidines, les dérivés des phénétidines étant plus facilement oxydables.

La *Dinitro-3-5-méthylnitramino-p-phénétidine* se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une couleur rouge intense.

En faisant la réaction avec 10 parties de H^2SO^4 et coulant après un quart d'heure sur de la glace, on a obtenu une substance résineuse qui a fourni par cristallisation dans l'alcool 10 % de nitrosamine. Dans un autre essai, fait avec 1 gr. de nitramine à la température de 2° et coulé après 40 minutes, on a obtenu 20 % d'un précipité floconneux, qui, après cristallisation dans l'alcool, fondait à 107°. Le F. du mélange avec la nitrosamine correspondante était identique.

La *Dinitro-3-5-méthyl-nitramino-o-phénétidine* se dissout dans H^2SO^4 concentré en un beau vert.

Lorsqu'on l'introduit dans 5 parties de H^2SO^4, on observe une élévation de température de 20° à 69° et il se dégage des oxydes d'azote. En coulant sur de la glace on obtient une

[1] Reverdin et de Luc, *Bul. Soc. Chim. de France* (4), t. 9, (1911), p. 925.

masse résineuse qui fournit par cristallisation dans l'alcool 20 % de dinitro-3-5-monométhyl-o-phénétidine. La nitrosamine qui a dû se former intermédiairement paraît donc facilement saponifiable.

En dissolvant la nitramine dans 5 parties de H^2SO^4 à —10°, la coloration passe lentement du vert au jaune et la température monte à 0°. En coulant après une heure on obtient 20 % de nitrosamine et on retire des eaux-mères 10 % de dinitro-monométhyl-o-phénétidine.

Si l'on emploie une plus grande quantité de H^2SO^4 (30 parties) la température monte de 22° à 30° et la dissolution est complète après 15 minutes. On retire, dans ce cas, après avoir coulé sur de la glace et étendu avec de l'eau, 40 % de dinitro-monométhyl-o-phénétidine.

La formation des nitrosamines par l'action de H^2SO^4 sur les nitramines est donc constatée de nouveau par ces observations sur les dérivés des phénétidines ; il convient d'ajouter que lors de la dissolution dans H^2SO^4, on remarque des colorations plus ou moins intenses, qui permettent dans bien des cas de déceler la présence de petites quantités de nitramine dans une nitrosamine impure.

Quant aux recherches entreprises dans le but d'expliquer si possible la marche de la réaction, elles ont été faites avec les dinitro-3-5-o- et p-tolylméthylnitramines, qui sont plus faciles à obtenir en quantités voulues.

On avait déjà signalé dans les précédentes communications que la dissolution des nitramines dans H^2SO^4 concentré était accompagnée d'un léger dégagement gazeux. Nous avons opéré dans le vide et soumis les gaz dégagés à une détermination qualitative et quantitative et nous avons constaté qu'ils étaient principalement composés de CO^2, O et N, accompagnés dans quelques cas d'oxydes d'azote. Quant à la marche même de la réaction il ne nous a pas été possible de l'expliquer d'une manière sûre. Les phénomènes d'oxydation et de réduction qui accompagnent la formation de la nitrosamine déterminent souvent, pour une partie tout au moins de la substance, une destruction complète de la molécule, comme le montre l'analyse des gaz dégagés. La réaction est en outre modifiée par de petits

changements dans les conditions de l'expérience, ce qui rend impossible l'étude comparative des résultats analytiques.

Il est possible que le groupe « nitro » soit éliminé et oxyde une partie de la molécule, puis se fixe de nouveau à l'état de groupe « nitroso ».

La réaction est très lente lorsqu'il s'agit de nitramines résistantes, comme par exemple la trinitro-méthylnitraniline et lorsqu'on a à faire à des nitramines non substituées ou peu substituées, on peut supposer que le groupe « nitro » émigre dans le noyau et que la formation de la nitrosamine est ainsi évitée.

Quelques observations ont fait supposer qu'il se forme dans la réaction un produit intermédiaire, peut-être un isomère, mais il n'a pas été possible par les méthodes connues actuellement de le déterminer exactement.

On trouvera tous les détails concernant ces recherches dans le mémoire original (Thèse inaugurale n° 479[1]. Genève (1912), par Franz Liebl).

Nous tenons à remercier à cette place M. le Professeur A. Häuptli, de Winterthur, qui nous a aidé d'une manière très obligeante pour l'analyse des gaz.

Laboratoire de Chimie organique de l'Université de Genève.

[1] Nous profitons de l'occasion de cette publication pour rectifier une faute d'impression qui s'est glissée dans la thèse citée. Les titres et les formules développées, au bas des pages 62 et 63, ont été malheureusement intervertis. Il s'agit p. 62 de la dinitro-éthoxy-p-méthylnitramine et p. 63 de la dinitro-éthoxy-o-méthylnitramine.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Décembre 1911, janvier et février 1912

(HIVER 1912)

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1911

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* le 1 à Lavey ; le 31 à Savatan ; les 4, 8 et 25 à Dailly ; les 5, 8 et 11 à l'Aiguille.

Neige sur le sol, du 9 au 12 à Savatan ; le 5, du 9 au 18, le 22 et du 25 au 28 à Dailly ; le 5 et du 9 au 30 à l'Aiguille.

Fœhn : le 6 aux deux stations supérieures, et le 13 aux quatre stations.

Janvier 1912

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* les 14, 19 et 25 à Lavey ; les 4, 14, 15, 19, 24 et 25 à Savatan ; les 27 et 28 à Dailly ; les 10 et 28 à l'Aiguille.

Neige sur le sol, le 8 à Savatan ; les 6, 8, 9 et 29 à Dailly ; le 6, du 8 au 22 et le 29 à l'Aiguille.

Fœhn : le 23 aux quatre stations.

Février 1912

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée :* les 2, 3, 5 et 20 à Dailly ; les 2, 3, 4, 5, 14, 15 et 20 à l'Aiguille.

Neige sur le sol, du 3 au 5 à Lavey ; du 3 au 6 à Savatan ; du 3 au 7, le 12, du 14 au 16 et le 20 à Dailly ; du 3 au 7, du 10 au 12, du 14 au 16 et le 20 à l'Aiguille.

Fœhn : les 6, 7 et 8 aux quatre stations.

Remarque. — Les observations de la pression atmosphérique à Savatan manquent du 21 décembre à la fin de février, le baromètre ayant été en réparation.

MOIS DE DÉCEMBRE 1911

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	709.0	660.6	+ 1.1	+ 2.3	89	25	3	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	707.9	660.5	**0.5**	2.0	75	18	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	707.4	659.3	1.6	3.1	52	12	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	706.6	658.5	2.9	2.1	57	43	8	8	8	2.9	....	2.8	....	2.4	3	3.1	6
5	704.3	656.0	3.0	1.4	94	54	8	9	6	....	....	....	....	....	....	....	....
6	708.2	660.0	5.5	2.8	57	20	4	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.4	656.4	3.8	2.5	71	20	5	2	6	....	....	....	....	....	....	....	....
8	699.9	652.3	3.9	+ 1.0	88	84	8	7	10	1.1	....	3.0	....	1.0	1	2.2	2
9	703.0	654.3	1.9	− 0.8	84	58	9	8	9	8.2	....	6.3	3	6.5	5	8.4	9
10	701.6	653.1	2.1	− **1.8**	41	26	6	7	3	....	....	....	....	....	....	....	....
11	693.6	**648.3**	1.6	− 1.6	83	87	10	8	7	15.5	....	13.0	3	13.2	11	12.5	17
12	702.6	653.3	1.5	− 1.6	86	**93**	10	5	6	....	....	....	....	0.2	1	1.0	2
13	701.1	654.0	4.4	− 0.3	**38**	49	10	10	7	4.8	....	....	....	0.2	1	1.9	3
14	704.1	656.9	4.7	+ 1.1	72	75	8	6	7	....	....	....	....	....	....	0.2	1
15	702.6	654.1	6.6	3.2	58	51	8	7	9	12.5	....	12.2	....	10.3	3	11.2	6
16	708.7	660.0	2.9	0.1	81	72	3	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
17	711.3	**662.7**	2.1	1.4	46	22	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
18	710.6	662.0	1.7	7.7	73	**8**	3	1	3	....	....	....	....	....	....	....	....
19	708.7	660.4	4.0	**8.2**	53	**8**	7	3	8	....	....	....	....	....	....	....	....
20	700.9	653.9	**7.4**	3.8	57	46	5	5	6	11.0	....	13.3	....	13.7	....	10.9	....
21		653.2	4.7	3.3	56	32	8	8	9	7.5	....	10.3	....	8.6	2	9.7	7
22		657.9	4.4	0.9	49	41	8	9	8	4.0	....	5.2	....	4.7	....	2.7	1
23		656.9	4.5	0.8	55	78	10	7	7	5.5	....	4.0	....	3.4	....	4.1	3
24		659.1	1.7	+ 2.1	53	20	10	10	9	4.8	....	6.6	....	6.7	4	7.1	5
25		653.7	2.2	− 0.9	**97**	82	10	10	10	**28.5**	....	**25.6**	....	**23.2**	**19**	**23.5**	**19**
26		656.5	4.3	− 0.7	85	59	10	10	10	8.3	....	....	....	7.2	4	5.9	4
27		654.6	3.3	+ 1.9	73	72	10	10	10	....	....	3.6	....	3.4	....	3.7	....
28		660.4	4.3	3.1	63	34	10	9	10	....	....	....	....	....	....	....	....
29		661.6	5.5	7.3	80	41	5	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
30		660.8	3.2	8.0	83	24	3	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
31		662.0	+ 1.3	+ 3.5	95	54	8	10	1	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois		657.22	+ 3.31	+ 2.13	69	45	6.8	5.9	6.1	114.6		105.9	6	104.7	54	108.1	85

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	705.77	705.05	704.58	705.13	657.37	657.01	656.91	657.10
2me » ...	704.13	704.17	704.98	704.43	656.24	656.40	657.03	656.56
3me » ...					657.26	657.89	658.52	657.89
Mois..					656.97	657.13	657.52	657.22

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
Savatan						
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	+ 1.74	+ 3.80	+ 2.34	+ 2.63	0.0	+ 4.7
2me » ...	3.62	4.78	2.70	3.70	+ 0.8	6.7
3me » ...	3.29	4.05	3.42	3.59	0.8	7.6
Mois..	+ 2.90	+ 4.21	+ 2.84	+ 3.31	+ 0.5	+ 6.4
Dailly						
1re décade ..	+ 0.14	+ 2.78	+ 1.51	+ 1.48	- 1.0	+ 4.5
2me » ...	1.32	3.13	2.16	2.20	- 0.9	4.7
3me » ...	1.87	4.17	1.92	2.66	- 0.9	5.3
Mois..	+ 1.14	+ 3.39	+ 1.86	+ 2.13	- 0.9	+ 4.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	71	65	76	71	46	29	33	36
2me » ...	58	66	71	65	47	56	50	51
3me » ...	73	69	73	72	53	43	50	49
Mois..	67	67	73	69	49	43	45	45

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade ...	4.8	5.5	6.2	5.5	4.7	5.9	4.4	5.0	3.7	5.0	5.9	4.9
2me » ...	6.6	7.0	5.4	6.3	5.0	7.1	2.3	4.8	7.2	7.2	2.3	5.6
3me » ...	8.5	8.0	8.8	8.5	8.5	8.0	7.0	7.8	8.3	7.7	6.7	7.6
Mois..	6.7	6.9	6.9	6.8	6.2	7.0	4.6	5.9	6.5	6.7	5.0	6.1

MOIS DE JANVIER 1912

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm
1		664.2	+ 0.6	0.0	78	74	4	3	1	....	....	...	...	....	....	....	...
2		**666.3**	- 0.9	+ 1.6	68	34	0	0	1	....	....	....	....	....	....	...	....
3		663.8	+ 1.5	**6.2**	70	23	3	3	2	....	....	....	....	...	....	....	....
4		659.0	1.5	+ 1.1	100	84	10	10	9	0.4	....	....	....	....	....	....	...
5		653.5	1.7	- 0.5	86	70	9	10	3	0.2	....	1.8	...	3.1	3	4.1	5
6		649.0	2.3	- 0.4	75	73	10	9	10	**20.0**	....	**17.0**	....	**16.8**	....	12.0	....
7		**642.7**	+ 8.2	+ 3.0	61	44	10	10	10	9.0	....	11.4	....	12.7	**11**	**14.5**	**12**
8		655.4	- 1.3	- 2.9	54	76	4	3	4	0.5	....	0.8	1	0.3	1	1.4	2
9		653.9	+ 1.3	+ 1.0	86	96	10	10	10	....	....	11.4	....	12.5	....	8.4	4
10		658.5	4.8	1.3	81	87	5	6	6	....	....	....	....	0.7	....	0.4	....
11		661.8	1.7	0.9	43	17	0	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
12		663.4	2.6	2.8	48	**11**	4	1	2	....	....	...	....	....	....	....	....
13		660.7	+ 2.7	3.4	50	22	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
14		657.8	- 1.0	1.4	92	37	7	8	2	....	....	...	....	....	....	....	....
15		656.0	- 1.3	1.1	97	47	4	5	1	....	....	....	....	....	....	....	....
16		654.7	+ 0.7	0.1	58	42	5	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
17		655.4	3.4	3.1	57	27	9	8	10	....	....	....	....	....	....	....	....
18		657.9	2.3	3.6	95	35	10	9	10	....	....	....	....	....	....	....	....
19		659.3	0.9	4.2	100	34	10	10	6	....	....	....	....	....	....	....	....
20		659.0	2.6	3.2	72	30	4	1	3	...	....	....	....	....	....	....	....
21		659.0	2.0	2.2	67	32	7	9	7	....	....	....	....	....	....	....	....
22		657.9	3.1	3.3	66	37	3	0	2	....	....	....	....	....	....	....	....
23		654.8	**8.9**	4.3	**32**	30	6	8	10	....	....	...	....	....	....	....	....
24		652.4	5.0	3.8	75	34	5	7	8	....	....	....	....	....	....	....	...
25		653.3	4.0	3.2	91	65	10	7	10	....	....	....	....	0.1	....	0.2	....
26		649.7	5.1	+ 2.0	80	86	9	7	10	...	...	....	....	...	....	....	....
27		650.8	+ 2.7	0.0	91	87	10	8	8	....	.	....	....	....	....	....	...
28		648.6	- 3.1	- 6.1	88	100	10	10	10	....	....	....	....	0.2	1	0.6	1
29		650.8	- 4.2	- 7.3	72	100	10	10	10	....	....	....	....	....	....	...	..
30		652.0	**- 4.9**	**- 7.8**	70	100	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
31		655.3	- 3.7	- 7.7	58	100	6	5	8	...	....	....	....	....	....	...	....
Mois		656.03	+ 1.59	+ 0.88	73	56	6.6	6.3	6.2	30.1	....	42.4	1	46.7	16	41.6	21

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1912

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...					657.03	656.54	656.33	656.63
2me » ...					658.53	658.49	658.79	658.60
3me » ...					653.12	653.07	653.28	653.16
Mois..					656.13	655.92	656.04	656.03

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	Savatan					
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 1.38	+ 2.64	+ 1.86	+ 1.96	− 0.9	+ 3.8
2me » ...	0.82	2.90	0.66	1.46	− 0.9	4.0
3me » ...	0.85	2.36	0.91	1.37	− 1.1	4.0
Mois..	+ 1.01	+ 2.63	+ 1.14	+ 1.59	− 1.0	+ 3.9
	Dailly					
1re décade...	+ 0.10	+ 2.64	+ 1.26	+ 1.33	− 2.3	+ 4.9
2me » ...	+ 1.04	3.79	+ 2.38	+ 2.40	− 0.1	4.8
3me » ...	− 1.77	0.57	− 1.52	− 0.92	− 2.9	1.0
Mois..	− 0.26	+ 2.26	+ 0.64	+ 0.88	− 1.8	+ 3.5

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	77	73	78	76	68	69	61	66
2me » ...	67	66	80	71	34	26	31	30
3me » ...	72	71	73	72	72	62	76	70
Mois..	72	70	77	73	59	53	56	56

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	6.9	5.9	6.5	6.4	6.6	6.4	6.4	6.5	5.6	5.6	5.6	5.6
2me » ...	6.0	5.6	4.6	5.4	4.1	5.6	4.7	4.8	4.2	5.4	3.3	4.3
3me » ...	8.3	8.2	6.9	7.8	7.3	7.1	7.7	7.4	8.1	8.4	8.8	8.5
Mois..	7.1	6.6	6.0	6.6	6.0	6.4	6.3	6.3	6.0	6.5	6.0	6.2

MOIS DE FÉVRIER 1912

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1		649.0	− 2 5	− 3.2	55	57	4	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
2		**636.3**	+ 0 3	− 1.7	69	71	10	10	10	**17.0**	**2**	12.4	**15**	**19.9**	**22**	**14.6**	**30**
3		639.9	− 5.5	− **8.1**	92	100	7	7	7	....	....	1.8	2	2.5	2	3.4	5
4		641.6	− **6.4**	− 7.4	82	86	10	10	10	11.3	1	2.6	4	0 4	1	2.7	4
5		642.9	+ 0.3	− 1.7	69	61	6	5	8	0.8	....	1.5	....	0.2	1	1.4	2
6		644.9	8.6	+ 3.8	35	28	6	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
7		649 3	7.3	7.2	61	23	5	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
8		652.5	**14.3**	9.8	**24**	12	8	9	9	....	....	....	....	....	....	....	....
9		645.8	10.9	5.8	48	53	9	5	6	....	....	1 5	....	2.1	....	2.4	2
10		646 8	5.7	3.9	78	66	7	5	8	1.5	....	1.5	....	0.7	....	1.5	3
11		647.7	4.2	1.4	**93**	91	10	7	8	13.0	....	**14.5**	....	9.8	9	11.2	15
12		655.6	5.1	2 5	62	44	5	3	8	....	....	....	....	....	....	....	....
13		655.1	4.7	+ 1.7	47	39	8	4	8	1.0	....	1.5	....	0 9	1	1.4	3
14		655.2	4.0	− 0.1	79	81	9	9	10	4.0	....	3.4	....	4.9	6	5.1	7
15		658.8	3.4	− 0.5	70	76	5	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
16		662.6	3.8	+ 1 8	39	23	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
17		662.5	6.7	5.6	36	9	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
18		657.5	6.1	7.3	47	**8**	3	3	9	....	....	....	....	....	....	....	....
19		653.0	8.5	4.6	47	40	9	9	10	3.2	....	4.0	....	1.5	1	2.1	3
20		655.2	3.7	0.7	85	73	5	5	9	....	....	....	....	0.2	....	1 2	....
21		658.6	5.3	2.1	51	34	3	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
22		663.2	5 0	4.6	52	36	3	3	5	....	....	....	....	....	....	....	....
23		663.2	9.6	8.4	45	25	1	3	8	....	....	....	....	....	....	....	....
24		659.6	10.2	**9.9**	59	21	3	7	8	1.0	....	1 0	....	0.5	....	0.4	....
25		657.5	8.9	7.4	81	52	8	9	6	10.5	....	12.2	....	13.6	....	13.7	....
26		661.1	8.9	6.1	78	72	3	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
27		**666.0**	8.5	5.5	62	61	3	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
28		665.2	8.9	7.3	41	19	1	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
29		662.1	+ 8.3	+ 8.4	44	17	4	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois		654.10	+ 5.40	+ 3.21	63	48	5.3	5.0	6.4	63.3	3	57.9	21	57 2	43	61.1	71

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1912

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...					644.05	644.42	646.28	644.92
2me » ...					656.15	656.36	656.44	656 32
3me » ...					661 78	661 80	661.95	661.85
Mois..					653.73	653.93	654.65	654.10

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+ 1.11	+ 5.06	+ 3.70	+ 3.29	− 1.6	+ 6.6
2e » ...	3.22	7.12	4.72	5.02	+ 1.7	8.5
3e » ...	5.58	10.14	8.80	8.17	4.8	12.1
Mois..	+ 3.22	+ 7.34	+ 5.63	+ 5.40	+ 1.6	+ 8.9

	Dailly					
1re décade...	− 0.58	+ 1 57	+ 1.50	+ 0.83	− 3.2	+ 3.7
2me » ...	+ 1.25	4.36	1.95	2.52	+ 0.1	5.9
3me » ...	4.28	8.98	6.64	6.63	+ 3.0	10.1
Mois..	+ 1.56	+ 4.83	+ 3.25	+ 3.21	− 0.1	+ 6.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	65	57	62	61	57	59	51	56
2me » ...	66	53	62	61	52	39	53	48
3me » ...	67	50	54	57	45	28	40	38
Mois..	66	53	60	63	51	43	48	48

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	7.5	6.5	7.1	7.0	6.2	5.8	6.9	6.3	7.7	7.3	7.4	7.5
2me » ...	6.6	5.5	4.4	5.5	6.0	4.4	3.5	4.6	7.5	6.6	6.7	6 9
3me » ...	5.2	2.0	2.3	3.2	4.0	3.4	4.0	3.8	5.3	4.1	4.4	4 7
Mois..	6.5	4.8	4.7	5.3	5.4	4 6	4.8	5.0	6.9	6.1	6.3	6.4

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 1er février 1912

Prevost et Maunoir. Contribution à l'étude des mouvements du pylore. — Ed. Claparède. Nouvelle méthode de mesure de la sensibilité et des processus psychiques. — R. Chodat. La crésol-tyrosinase, nouveau réactif des protéines et de leurs dérivés. — L. Duparc. Carte topographique et géologique du Koswinsky au $^1/_{25\,000}$. — Le même. Titration du fer en présence d'acide phosphorique. — Le même. Séparation du palladium d'avec le cuivre et le fer.

M. Prevost rend compte d'expériences faites dans le laboratoire de physiologie de l'Université, sous sa direction, par M. Roger Maunoir, et intitulées *Contributions à l'étude des mouvemenls du pylore,* que M. Maunoir publie comme thèse inaugurale de docteur.

Un exposé historique résume les principales publications relatives à cette question. La plupart des auteurs ont étudié les contractions générales de l'estomac, comme l'a en particulier fait F. Battelli. M. Maunoir limite son étude au pylore.

1° Une première série d'expériences ont été faites sur un chien, sur lequel on avait pratiqué l'isolement du pylore en maintenant son innervation. Quand cet animal fut rétabli, il servit à de nombreuses expériences relatives à l'excitation et à l'inhibition des contractions du pylore, que l'on enregistrait au moyen d'une ampoule demi dure (tétine de biberon) en relation avec un tambour de Marey.

On a pu ainsi constater l'existence d'un rythme régulier, interrompu par quelques pauses de 30″ à 40″, et ayant lieu toutes les 15 à 20 secondes. Ces contractions n'ont été modifiées ni par un jeune de 48 heures, ni par l'alimentation.

L'action de divers médicaments, les uns excitateurs, les autres inhibiteurs (d'après les expériences de Battelli) a été étudiée.

La *pilocarpine* a amplifié les contractions ; l'*apomorphine* légèrement, le vomissement a produit un tracé spécial identique au vomissement provoqué par la *nicotine*, qui a été temporairement inhibitrice. Le vomissement est précédé d'une pause suivie d'une contraction énergique.

L'*atropine*, le *chloral*, l'*éther* ont été inhibiteurs.

L'*alcool* et la *peptone* ont été sans effet.

Comme action locale l'*acide chlorhydrique* a inhibé légèrement les contractions du pylore, tandis que le carbonate de soude (1 %) est resté sans effet.

Le chien atteint de pneumonie a été sacrifié trois mois et demi après l'opération. Le nerf vague *droit*, sectionné 24 heures avant ls mort et excité le lendemain, a inhibé les contractions du pylore, qu'excitait au contraire l'électrisation du vague *gauche* resté intact.

2° Dans une seconde série. Sur des chiens et des chats décérébrés ou immobilisés par piqure du bulbe, et maintenus à l'abri du refroidissement, M. Maunoir a mis en évidence : 1° l'antagonisme entre l'atropine et la pilocarpine ; 2° l'antagonisme entre le vague et le splanchnique. Ce dernier, excité quelques secondes avant le vague, inhibait l'action du vague.

De nombreux tracés ont été montrés à la Société.

3° Une troisième série a été faite chez un chat immobilisé par piqure du bulbe. M. Maunoir a déterminé les modifications apportées à l'écoulement d'un liquide par le pylore (solution d'Hcl 4 ‰) par l'excitation du vague et du splanchnique. Il résulte de ces épreuves que l'électrisation du splanchnique rétablit (par inhibition) l'écoulement suspendu par l'électrisation du vague (excitateur des contractions).

4° Dans une quatrième série a été étudié l'écoulement par le pylore de liquides de réactions diverses introduits dans l'estomac, pour répéter sur des animaux décérébrés et maintenus vivants par la respiration artificielle, les expériences que Cannon a faites sur des estomacs séparés du corps.

Ces liquides étaient introduits par une sonde œsophagienne, en communication avec une burette de Mohr. Leur écoulement par le pylore était contrôlé au moyen d'un tube introduit dans la première partie du duodénum. On déterminait ainsi la quantité de liquide qu'il fallait introduire dans l'estomac pour provoquer l'écoulement par le pylore. Cette quantité représentait pour chaque liquide son *coefficient d'évacuation*. Ces expériences montrent que ce coefficient est d'environ 30 à 40 centimètres cubes pour les solutions d'acide chlorhydrique 4 ‰, et de 60 à 70 centimètres cubes pour l'eau — et de 150 et même davantage pour les solutions alcalines.

M. Ed. Claparède communique une *nouvelle méthode de mesure de la sensibilité et des processus psychiques*, consistant en une application nouvelle du calcul des corrélations à la psychologie.

Jusqu'ici, le calcul des corrélations a toujours eu pour objet la détermination de la corrélation existant entre deux ou plusieurs fonctions mentales, considérées chez une série d'individus, ou dans une série de tests chez un même individu. C'est du reste là son objet propre.

M. Claparède a pensé que le calcul de corrélation pourrait aussi servir à apprécier, dans une certaine mesure, la précision avec laquelle un même sujet classe une série d'objets, lorsqu'on peut rapporter le classement subjectif effectué à un classement objectif. Il donne à ce procédé le nom de *Méthode d'ordonnance*.

Sensibilité : Le sujet doit classer, par exemple, par ordre de poids, douze objets identiques comme aspect, et formant une série régulière allant de 100 à 111 gr. En évaluant, par la formule habituelle (de Bravais), la corrélation existant entre l'ordre subjectif et l'ordre objectif de ces poids, on obtiendra un coefficient (r) qui mesurera évidemment la précision d'un processus psychique, dans lequel la sensibilité dite musculaire a une grande part. Car il est bien évident que si la sensibilité est parfaite, si toutes les différences de poids sont correctement ressenties, l'ordre subjectif reproduira fidèlement l'ordre objectif, et par conséquent la corrélation sera absolue ($r = 1$). Si, au contraire, les différences entre les poids sont toutes au-dessous du seuil de la sensibilité, les poids seront classés au hasard, et la corrélation sera nulle, ou ne dépassera pas notablement l'erreur probable. Les valeurs intermédiaires de r indiqueront donc des degrés intermédiaires de sensibilité.

Une telle détermination peut être faite avec tous les stimuli capables de constituer des séries quantitatives objectives pouvant être facilement ordonnées par le sujet (odeurs, goûts, série de lignes pour l'estimation oculaire, nuances de couleur, etc.).

Assurément, cette méthode nouvelle n'a aucunement, pour la sensibilité, la précision des méthodes courantes : en effet, même un sujet pour lequel les différences d'un stimuli à l'autre sont au-dessous du seuil sensible, peut cependant effectuer des séries convenables, en se dirigeant d'après des stimuli plus éloignés dans la série. On ne sait donc trop quelle valeur de r peut être considérée comme marquant le seuil de la sensibilité différentielle. On peut concevoir cependant que si le seuil est très bas et correspond à la différence séparant deux stimuli successifs, il doit être représenté par une valeur inférieure à 1, mais très voisine de ce nombre. Au contraire, le seuil équivalent à la différence entre les stimuli

extrêmes de la série objective, doit être indiqué par un coefficient dépassant l'erreur probable, mais très voisine de cette valeur.

Un autre petit inconvénient de la nouvelle méthode est que si l'on désire que *r* ait quelque précision au point de vue mathématique, il faut opérer avec des séries aussi longues que possible ; or des séries trop longues sont défectueuses au point de vue psychophysiologique à cause de la fatigue que nécessite leur classement, et aussi parce que leurs termes extrêmes se rapportent à des dégrés trop différents de sensibilité.

Si cette méthode nouvelle est donc peu propre, à ce qu'il semble au premier abord, à déterminer des seuils de sensibilité en vue de recherches exactes de psychophysique, elle peut, au contraire, jouer un rôle utile comme test pour la psychologie individuelle, où il s'agit moins d'étudier la fonction sensorielle d'une façon absolue que de comparer entre eux des sujets différents, ou de comparer un même individu dans des circonstances différentes. Cette méthode présente cet avantage qu'elle permet une épreuve *rapide*, qu'elle *intéresse* davantage le sujet qu'une épreuve par la méthode des limites ou par la méthode de constance, et qu'elle se rapproche davantage des *conditions de la vie réelle*, puisque le sujet peut se contrôler et se corriger lui-même, avant de donner son verdict. Elle est particulièrement indiquée pour des recherches sur les enfants. Elle a encore l'avantage de permettre au sujet de *se mesurer tout seul*, pour ainsi dire ; il n'y a pas besoin qu'un expérimentateur soit mobilisé pour chaque sujet ; on peut donc poursuivre des expériences sur soi-même. On peut aussi examiner quantité de sujets à la fois, pourvu que l'on ait plusieurs séries à disposition. Le *temps* employé au classement peut fournir aussi un élément intéressant d'information.

De nouvelles expériences devront être faites pour voir si la loi de Weber se laisse commodément démontrer par ce procédé (voir, par exemple, si une série de poids allant de 100 à 111 gr. donne, pour un même sujet, le même coefficient qu'une série allant de 1000 à 1100 gr.) ; dans ce cas il se recommanderait pour les exercices pratiques de laboratoire.

Mémoire : Le procédé décrit permet aussi d'apprécier par un chiffre la mémoire de l'ordre spatial ou temporel. La série présentée au sujet doit être reconstituée de mémoire, et l'on évalue le coefficient exprimant la corrélation entre l'ordre de la série présentée, et celui de la série reconstituée. La méthode d'ordonnance pourra désormais prendre rang parmi les méthodes de mesure de la mémoire.

Autres processus psychologiques : La nouvelle méthode peut s'appliquer à l'appréciation de tout processus grâce auquel un ordre peut être effectué, pourvu qu'il puisse être rapporté à un

ordre objectif. On peut concevoir des applications à l'étude de l'*imitation*, de la *suggestibilité*, et à celle du *jugement* (dans ce dernier cas, présenter à un enfant douze vignettes mélangées, constituant une histoire sans paroles ; l'enfant doit rétablir leur ordre naturel ; le coefficient indiquera de combien le sujet s'est écarté de cet ordre ; test utilisable pour le classement des enfants arriérés).

Variabilité d'une personne : La variabilité d'une personne est un facteur individuel intéressant à déterminer. La méthode d'ordonnance le permettra aisément : il faudra cette fois établir la corrélation entre deux séries subjectives exécutées par le même sujet à différentes époques. Par exemple, la façon dont il a sérié les poids un certain jour, avec la façon dont il les a sériés un autre jour. La variabilité pour la fonction testée sera exprimée par le coefficient trouvé.

Ressemblance psychologique entre deux personnes, A *et* B : Dans ce cas, on cherchera la corrélation entre l'ordre fourni par A pour un certain test, et celui fourni par B pour le même test. Le coefficient exprimera évidemment le degré de ressemblance entre les deux sujets sous le rapport du test en question.

Des déterminations de ce genre pourraient contribuer à l'étude expérimentale de l'*hérédité psychologique :* si l'on voulait, par exemple, rechercher s'il y a plus de rapport de goût esthétique entre A et ses filles qu'entre A et ses fils, ou entre A et des neveux ou des personnes étrangères à sa famille, on disposerait, par exemple, l'expérience comme suit : chacun de ces sujets devrait classer par ordre de beauté 50 dessins, soit 50 cartes postales illustrées représentant des tableaux. On relèverait l'ordre effectué par chacun, et on rechercherait, par la formule habituelle, le degré de conformité entre cet ordre et celui effectué par A. La ressemblance héréditaire serait ainsi mesurée par le coefficient de corrélation obtenu pour chaque couple de comparaison.

R. Chodat. *La constitution des matières protéiques et un nouveau réactif des protéines et de leurs dérivés.*

M. Chodat expose l'ensemble des résultats qu'il a obtenus à partir du réactif qu'il appelle crésol-tyrosinase. On sait que la tyrosinase rougit la tyrosine et finit par produire un pigment noir, la mélanine ; l'auteur a montré, en outre, avec Staub que le ferment attaque aussi les peptides à tyrosine, et leurs recherches ont été confirmées par Abderhalden et par Bertrand. Il a aussi montré que le p-crésol, en présence d'acides aminés et de tyrosinase, prend une coloration rouge qui fournit un superbe pigment bleu avec dichroïsme excessif. Pour pouvoir se servir d'un

réactif inéquivoque, il faut préparer une tyrosinase dépourvue d'acides aminés ; alors la tyrosinase donne avec le p-crésol une couleur jaune, puis jaune orangé. C'est ce que l'auteur appelle tyrosinase purifiée (extraite du *Solanum tuberesum*).

On a tout d'abord cherché à résoudre cette question de savoir si l'acide aminé, glycocolle, agit dans cette réaction comme catalyseur ou comme molécule entrant en réaction. Comme il faut, pour une réaction qui se fasse jusqu'au bout, une quantité au moins équimoléculaire, et souvent deux ou trois fois plus considérable d'acide aminé, cette dernière substance n'a pas un effet catalytique mais elle entre réellement en réaction. On a essayé alors les acides aminés suivants : glycocolle, d-alanine, l-alanine, d-valine, d-leucine, l-leucine, d-arginine, phénylglycocolle, phényl-l-alanine, oxyphényl-d-alanine, proline (acide α pyrrolidine carbonique) tryptophane (indol-alanine), asparagine (amide de l'acide aspartique), glutamine (amide de l'acide glutamique), cystine tous ces acides aminés fournissent la réaction, mais chacun selon son type et selon une vitesse variable ; la proline fournit une teinte rouge fuchsine caractéristique ; les deux alanines virent difficilement au bleu. Les acides aspartiques et glutamiques sont trop acides pour donner cette réaction. Par contre, l'acide anthranilique n'a aucune action ; c'est pourtant des acides aminés de la série aromatique celui qui rappellerait le plus les acides aminés α.

On a ensuite examiné l'effet du réactif sur les polypeptides glycylglycine, glycyl-l-tyrosine, diglycyl-glycine, glycyl-d-alanine, l-leucyl-l-leucine.

Tous donnent une coloration rouge qui passe au bleu avec dichroïsme caractéristique. Le glycyl-d-alanine vire au vert herbe, le diglycylglycine au violet gentiane. La coloration est plus intense que ne le fait supposer la présence de groupes NH_2 et COOH libres. Les groupes —CO.NH— semblent avoir en présence des précédents une action additionnelle. Les teintes et la vitesse varient dans chaque cas.

Par contre le benzoyl-glycocolle, même neutralisé, est inactif. Donc, à eux seuls, les groupes —NH.CO— sont inactifs. L'anhydride cyclique glycylglycine anhydride ne fournit pas la réaction : Confirmation de l'observation qu'à eux seuls les —CO.NH— sont sans effet.

L'auteur a passé des polypeptides aux peptones et aux albumoses. Il a séparé de la peptone de Witte, par précipitation fractionnée, par le NaCl des fractions successives. Quand les peptones sont suffisamment dégradés, elles finissent par donner la teinte bleue finale avec dichroïsme rouge. Une ancienne peptone de Witte bleuit à peine, après avoir rougi fortement. L'intensité de la réaction et le verdissement ou bleuissement augmentent dans

les portions successives précipitées. Il faut remarquer que ces fractions ne fournissent pas la réaction directe (sans p-crésol) des peptides à tyrosine. Donc, leur action dépend des groupes COOH et NH_2, indépendamment de la tyrosine ou des polypeptides à tyrosine dont l'auteur a décrit précédemment le mode de réagir.

L'ovalbumine (albumine vraie), l'édestine pure du chanvre (globuline végétale), la gélatine, tous ces corps protéiques donnent, dans les mêmes conditions, une teinte rose caractéristique sans bleuissement, lorsqu'ils sont en solution neutre, saline ou légèrement alcaline. La caséine du lait fait de même. Traités par des ferments protéolytiques ces matières protéiques donnent naissance à des produits qui rougissent et bleuissent plus ou moins rapidement selon leur dégradation. La caséine du lait bouilli plus lentement que celle du lait frais.

Dans ces conditions le réactif crésol-tyrosinase est spécifique pour les matières protéiques et leurs dérivés et permet de suivre pas à pas la protéorlastie. Ces recherches montrent, par une méthode directe et inéquivoque, que les protéines sont des chaînes de peptides.

Elles permettent de suivre la protéolyse par les ferments et les microorganismes, de saisir les moindres changements dans la nature des protéines naturelles ou dénaturées, et de suivre l'action des microorganismes. La sensibilité de ce réactif atteint $^1/_{200\,000\,000}$. On peut remplacer dans cette réaction le p-crésol par le phénol, la pyrocatechine, etc. La caféine, la pipéridine, la morphine, l'urée, le biuret, la chlorophylle n'ont pas d'action. L'indol entre en réaction, mais ne donne pas naissance à un pigment soluble dans l'eau, mais à des paillettes insolubles, à éclat métallique bleu, et solubles en rouge dans le chloroforme, l'éther, l'alcool. Comme le méthyl-indol skatol ne réagit pas, on peut se servir de cette réaction pour rechercher l'indol dans le distillé d'une fermentation. Contrairement à ce qui a été dit, la tyrosinase ne réagit pas à elle seule sur le tryptophane. Le pigment bleu soluble dans l'eau est une matière colorante qui colore soie, laine et coton mordancé. La formation de ces divers pigments est de nature à faire comprendre l'origine des pigments solubles des Bactéries (B.pyocyaneus B.prodigiosus, etc.), ceux des Cyanophycées des Rhodophycées, et celle des pigments insolubles, l'origine des chlorophylles et de leurs dérivés.

M. le prof. L. Duparc présente sa *carte au $^1/_{25\,000}$ topographique et géologique du Koswinsky*, levée pendant l'été 1911-1912 avec le concours de Mlle M. Tikonowitch et de M. Henry Sigg. L'auteur donne quelques renseignements sur la façon dont cette

carte a été dressée, sur les difficultés rencontrées pour les levés topographiques dans un pays aussi couvert, et sur les résultats obtenus.

M. DUPARC fait une communication sur la *titration du fer en présence d'acide phosphorique*, travail entrepris à son instigation par MM. WUNDER et STOÏKOFF. Ces messieurs ont tout d'abord trouvé que tous les ferro-alliages, les plus rebelles à toute attaque (ferro-chrome, ferro-zircon, tungstène, etc.), se dissolvent aisément dans l'acide phosphorique, avec dépôt de carbone. Le travail qu'ils ont entrepris a pour but le dosage du carbone par l'intermédiaire de ce procédé, les résultats obtenus à ce sujet seront communiqués sous peu. En cours de travail, ces messieurs ont examiné s'il était possible de titrer exactement le fer en solution phosphorique, et sont arrivés aux curieux résultats que voici :

Quant on dissout un fer carburé dans l'acide sulfurique et titre par le permanganate, puis qu'on fait la même opération en solution phosphorique, on trouve constamment une grave majoration dans le premier cas, comme le montrent les chiffres suivants :

Fonte en solution sulfurique Fe = 97.37 %, en solution phosphorique 95.46 (moyenne de 4 analyses concordantes). Le fer dosé gravimétriquement dans cette fonte, en s'entourant de toutes les précautions, est 95.46 %.

Sur un fil de clavecin qui est presque du fer pur, nous avons observé : par SO_4H_2 99.67, et par PO_4H_3 99.70.

Sur du fer électrolytique, par SO_4H_2 100.05, par PO_4H_3 99.92.

Il paraît donc évident qu'avec des fers carbués, seule la titration en solution phosphorique est exacte, le carbone ne subissant dans ce cas aucune oxydation par le permanganate.

Des dosages faits par le même procédé sur la magnétite, qui se dissout aisément dans l'acide phosphorique, ont donné d'excellents résultats. Il en est de même pour la titration de fer dans les ferro-alliages.

M. le prof. DUPARC poursuivant ses recherches sur l'analyse des minerais de la mine de platine a fait entreprendre à MM. WUNDER et THURINGER, ses élèves, un travail sur la *séparation du palladium d'avec le cuivre et le fer*. Au cours de ce travail, ces messieurs ont eu l'occasion d'étudier, au point de vue quantitatif, une réaction trouvée par M. le prof. Monnier. Le diméthylglyoxime, en solution alcoolique 1 %, précipite quantitativement le palladium, tandis qu'il est sans action sur le fer, le cuivre, le plomb, le cobalt, le manganèse, le cadmium, le zinc, l'argent, etc. La précipitation se fait en solution légèrement acide au bain-

marie. Le précipité est volumineux, jaune, floconneux. Après une demi-heure on peut le filtrer, laver à l'eau chaude et calciner.

Des essais faits d'abord avec le palladium seul ont donné :

Pd pesé	= 0,0245	et	Pd pesé	= 0,0245
Pd trouvé	= 0,0241		Pd trouvé	= 0,0240

Nous avons alors essayé la séparation avec le cuivre et obtenu dans un mélange les résultats ci-dessous :

Pd pesé	= 0,0245	Pd pesé	= 0,0249
Pd trouvé	= 0,0237	Pd trouvé	= 0,0243

Dans un mélange contenant Pd + Fe + Cu, soit 0,0249 Pd, on a trouvé 0,0251 Pd., mais en présence de fer il faut chauffer jusqu'à ce que la liqueur devienne incolore. Le cuivre peut être précipité ensuite par H_2S, le fer par l'ammoniaque.

Voici les résultats de deux séparations où le palladium et le cuivre ont été dosés :

1) Pesé	0,0267	Pd	Trouvé	0,0273	Pd
»	0,1035	Cu	»	0,1043	Cu
»	0,111	Fe	»	0,112	Fe
2) Pesé	0,0267	Pd	Trouvé	0,0263	Pd
»	0,1035	Cu	»	0,0263	Cu
»	0,111	Fe	»	0,112	Fe

La séparation du palladium par le diméthyl glyoxime apparaît donc comme la méthode la plus parfaite pour séparer cet élément.

Séance du 15 février

Ch.-Eug. Guye. — Pierre Prevost et la notion d'équilibre mobile dans les sciences physico-chimiques. — Ch.-Eug. Guye et Berchten. Sur le frottement intérieur du cuivre aux températures élevées. — L. Duparc et Mlle Totkievicz. Action des catalyseurs sur l'oxydation du chlorure stanneux à l'air. — Th. Tommasina. Sur le rôle de l'éther en physique d'après Walther Ritz.

Ch.-Eug. Guye. *Pierre Prevost et la notion d'équilibre mobile dans les sciences physico-chimiques.*

Après avoir rappelé brièvement les conditions dans lesquelles Pierre Prevost découvrit en 1791 le principe de l'équilibre mobile de température, M. Guye insiste sur l'importance considérable que la notion d'équilibre mobile a prise dans les sciences physico-chimiques, par suite du développement toujours plus grand des théories cinétiques. Ces théories sont, à l'heure actuelle, intro-

duites en effet dans la plupart des chapitres de la physique et de la physico-chimie.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer, à ce propos, que la conception que se faisait Prevost du calorique rayonnant, loin de diminuer l'importance de sa géniale découverte, en augmente encore l'intérêt. En effet, en supposant au calorique rayonnant une constitution corpusculaire, la notion d'équilibre mobile s'est trouvée en quelque sorte toute adaptée aux nombreuses théories cinétiques qui se sont développées depuis (théories cinétiques électroniques, atomiques ou moléculaires, ou même particulaires comme c'est le cas dans le mouvement brownien et la théorie des colloïdes).

Bien que la notion générale d'équilibre mobile soit implicitement contenue dans les théories cinétiques de Daniel Bernoulli, et même de Lesage, la netteté avec laquelle ce principe a été énoncé par Pierre Prevost pour la température est tout à fait remarquable ; elle dénote un esprit scientifique de premier ordre.

D'ailleurs, ces qualités de clarté et d'éloquence se retrouvent dans les divers écrits de Prevost ; elles contrastent avec la diffusion et la complication des démonstrations d'un grand nombre de savants de la même époque.

Dans la seconde partie de sa communication, M. Guye passe en revue tout un ensemble de phénomènes physiques, dans lesquels intervient cette notion fondamentale d'équilibre mobile ; rayonnement d'abord, puis conductibilité thermique, diffusion, conductibilité électrique (théorie électronique), paramagnétisme (théorie de Langevin), équilibres physico-chimiques, etc. Il n'est presque pas de chapitre de la physique moderne où cette notion n'intervienne plus ou moins directement.

En terminant, M. Guye rappelle que Pierre Prevost fut un des professeurs les plus distingués de l'Académie de Genève, dont l'Université actuelle est l'héritière. Aussi la Faculté des Sciences a-t-elle décidé, en principe, d'honorer à bref délai la mémoire de Pierre Prevost. M. Guye ne doute pas que la Société de Physique, dont Pierre Prevost fut un des premiers et des plus illustres membres, ne veuille bien se joindre à cet hommage rendu à l'un des savants genevois qui ont le plus illustré leur patrie.

La communication de M. C.-E. Guye paraîtra *in extenso* dans un des prochains numéros des *Archives*.

M. le Prof. C.-E. Guye rend compte des premiers résultats obtenus en collaboration avec M. Ed. Berchten sur le *frottement intérieur du cuivre aux températures élevées*.

Les expériences ont été effectuées à des températures variant

de 380° à 150° ; les oscillations étant enregistrées photographiquement.

Ces expériences ont montré que dans ces conditions le décrément est indépendant de la vitesse avec laquelle le cycle est parcouru. Ce résultat confirme des expériences préliminaires antérieures effectuées sur l'argent à 100°, et publiées en 1910 par MM. C.-E. Guye et V. Fredericksz.

En étudiant les courbes de la déformation en fonction du temps, pour l'expérience à 380°, qui, par suite de l'importance de l'amortissement, présente le plus de garantie, on reconnaît que, dans la limite des erreurs expérimentales, la forme de la courbe est indépendante de la durée de la période; toutefois la précision n'est pas très grande.

Il en résulte qu'au lieu d'exprimer le mouvement amorti par l'équation bien connue

$$\mathrm{K}\frac{d^2 a}{dt^2} + \mathrm{C}\frac{da}{dt} + \mathrm{W}a = 0$$

dans laquelle le terme d'amortissement est proportionnel à la vitesse $\frac{d\alpha}{dt}$, on peut la remplacer par l'expression

$$\mathrm{K}\frac{d^2 a}{dt^2} + f(a) + \mathrm{W}a = 0$$

l'amortissement n'étant alors fonction que de la déformation. Quant à la forme de cette fonction, il est difficile de la déterminer avec précision, mais l'étude des graphiques montre cependant que, dans le cas particulier, elle ne peut être représentée par les formes simples $\mathrm{A}\alpha$ ou $\mathrm{B}\alpha^2$.

D'autre part, comme le système revient très exactement à sa position d'équilibre, $f(\alpha)$ doit toujours être plus petit que $\mathrm{W}\alpha$ et doit s'annuler pour $\alpha = 0$.

Cette hypothèse est la plus simple à première vue, mais elle n'exclut pas certaines hypothèses plus complexes dans lesquelles la vitesse interviendrait par une sorte de compensation qui ferait disparaître son influence apparente.

A noter que le fil de cuivre utilisé dans ces expériences a été longtemps recuit et qu'une coupe métallographique faite sur un fil témoin, par M. le Dr G. Baume, n'a pas révélé de différence de structure entre la partie médiane et périphérique de la section.

Sans entrer, pour le moment, dans l'explication du mécanisme intime du frottement intérieur, il n'est pas sans intérêt de constater que la notion d'un cycle, qui serait indépendant de la vitesse avec laquelle il est parcouru, créerait une parenté très remarquable entre les cycles dus au frottement intérieur, et les cycles d'aimantation qui jouissent dans de larges limites de la même propriété.

M. le Prof. Duparc présente une communication sur un travail effectué à son instigation et sous sa direction, par Mlle Totkievicz, travail ayant pour but l'étude de l'*oxydation des solutions de chlorures stanneux en présence de l'oxygène de l'air*, avec et sans catalysants.

On opérait avec des solutions M/50 de chlorure stanneux, M/2 d'acide chlorhydrique, et on titrait par une solution M/100 d'iode. Les solutions de chlorure stanneux étudiées étaient placées dans des vases de diamètre déterminé, et exposées pendant des temps variables à l'action de l'air à température constante. Les principaux points vérifiés sont les suivants :

Vitesse d'oxydation à l'air. — On opérait avec des flacons de 200 cm³. et de même diamètre :

1re série. Témoin 0, après 2 jours 12,73 % oxydée, après 11 jours 69,94 %, 12 jours 77,56 %.

2me série. Témoin 0, après 6 jours 35,92 %, après 11 jours 69,33 %.

3me série. Témoin 0, après 2 jours 16,21 %, 9 jours 62,87 %, 14 jours 96,08 %.

Influence de la concentration. — Opéré dans les mêmes conditions avec deux concentrations M/50 et M/100 pendant 1 et 3 jours :

M/50 après 1 jour 7,3 % oxydée, après 3 jours 24,5 %.

M/100 après 1 jour 13,88 % oxydée, après 3 jours 47,2 %.

Il résulte de ceci 1° que l'oxydation est proportionnelle au temps, 2° qu'elle varie en raison inverse de la concentration, ce qui tient peut-être à l'état de ionisation des deux solutions.

Influence de la surface. — Opéré sur 200 cm³. de solution M/50, placé dans 4 récipients. Nos I, II, III, IV, de diamètres respectifs 17,8, 13,7, 10,9 et 7,7. Oxydation pendant 24 heures :

I = 79,5 % oxydée; II = 65,48 %; III = 43,33 %; IV = 22,11 %.

Soit S1, S2, S3, S4 les surfaces et X1, X2, X3, X4 les % oxydés, on a :

$$\frac{S1}{S2} = 1{,}69 \quad \frac{X1}{X2} = 1{,}21 \quad \frac{S2}{S3} = 1{,}57 \quad \frac{X2}{X3} = 1{,}58 \quad \frac{S3}{S4} = 2 \quad \frac{X3}{X4}$$

On voit donc que les vitesses d'oxydation sont sensiblement proportionnelles aux surfaces.

Action des catalyseurs. — On a utilisé des solutions M/10 000 de divers catalyseurs en laissant oxyder pendant une période de 12 à 14 jours. Ont donné des résultats nuls : Zn, Al, Mn, Ni, Co, Ba, Ca, Sr, Mg, Na, K, Ur, Cd, Hg, Bi, Pb, Vd, Zr, Ce, Be, Th, La, Cr, Pt. Ont donné des résultats positifs : Pd, Cu, Fe.

Palladium. — 1re série. M/5000 Pd. 3 jours, témoin 19,8 %, oxydée avec Pd 28,6, diff. 8,8.

2me série. 2 jours, témoin 13 %, oxydée avec Pd 24,5, diff. 11,5.

3me série. 4 concentrations différentes pendant 3 jours, témoin 17,1 % oxyde M/50 000 Pd = 18,16, M/10 000 = 20,5, M/5000 = 23, M/1000 = 35,3.

Résultat, légère augmentation croissant avec la concentration du catalysant.

Cuivre. — 1re série. M/10 000 Cu.Cl. 2 jours, témoin 13,33 %, avec catalysant 14,00, diff. 0,67; 11 jours, témoin 65,5 %, avec catalysant 83,8. diff. 13,3; 12 jours, témoin 74,2 %, avec catalysant 91,90, diff. 17,7.

M/5000. 11 jours, témoin 69,4, avec catalysant 90,4, diff. 20.

Résultat faible au début qui s'intensifie plus tard et qui croît avec la concentration.

Fer. — 1re série. Oxydation pendant 3 jours, solution M/50 de chlorure stanneux et concentration variable de chlorure ferreux :

Témoin 16,84 %, M/50 000 26,23 %, M/10 000 75,20 %, M/5000 84,8 %. M/1000 75,28 %, M/500 68,14 %.

2me série, pendant 1 jour même concentration de chlorure stanneux :

Témoin 8,74 %, M/10 000 33,05 %, M/7000 39,54 %, M/5000 40,73 %. M/3000 40,62 %, M/1000 36,70 %.

3me série, 2 jours :

Témoin 16,58 %, M/20 000 68,8 %, M/10 000 84,1 %, M/5000 87,5 %, M/1000 81,3, M/100 50,2 %.

4me série, 1 jour :

Témoin 11,8 %, M/1000 58,2, M/100 33,4, M/50 22,7, M/25 18,3.

5me série, oxydation pendant 6 heures avec une grande surface :

Témoin 29,08 %, M/25 58,8 %, M/10 46,2 %, M/2 45,42 %, M/1,5 49,1 %, M/1 51,9 %.

Des expériences préalables ont montré que le chlorure ferreux, en solution acide, ne s'oxyde pour ainsi dire pas dans les conditions indiquées. Il résulte de ces expériences que l'effet maximum du chlorure ferreux comme catalysant se produit à la concentration M/5000, puis cet effet décroît pour recroître ensuite à partir des fortes concentrations.

Action du chlorure d'ammonium. — Nous avons opéré l'oxydation en présence d'ammonium en solution, la concentration étant toujours de M/50 :

1re série. 1/10 000 NH_4Cl. 2 jours, témoin 16,3 %, NH_4Cl 15,5 environ ; 14 jours, témoin 93,3 %, NH_4Cl 88 % environ.

2me série. Même concentration de chlorure staneux et du catalysant :

Témoin 38,04 %, avec chlorure d'ammonium 26,7 %.

Le chlorure d'ammonium paraît donc exercer une action retardatrice et fonctionner comme un catalyseur négatif.

Action de l'acide chlorhydrique. — Opéré pendant 1 jour avec une solution M/50 de chlorure stanneux et des solutions de concentration croissante d'acide chlorhydrique :

M/20 15,33 %, M/2 26,7 %, M/1 34,07 %.

La rapidité d'oxydation paraît donc croître avec la teneur en acide chlorhydrique.

M. Th. Tommasina. *Le rôle de l'éther en Physique, d'après Walther Ritz.*

Walther Ritz publia en 1908 un travail intitulé « *Du rôle de l'éther en Physique*[1] ». Je crois utile, pour la solution des plus hauts problèmes de la Physique théorique, de soumettre à la discussion quelques-unes des idées qu'y expose ce savant, dont nous tous déplorons la mort prématurée. Ritz aborde la question en mettant en présence, l'une de l'autre, l'hypothèse atomique et l'hypothèse de l'éther. « *Nées toutes deux*, dit-il, *de conceptions métaphysiques, elles ont connu, dans le cours des temps, des vicissitudes nombreuses, et l'expérience aussi bien que la critique leur ont fait, pendant ces dernières années, un sort très inégal.* » Je ne peux reporter ici, dans l'espace forcément limité de cette Note, son exposé historique, je dirai seulement qu'en prenant, comme point de départ, *le fait que l'éther n'a acquis droit de cité en Physique qu'avec Huygens, créateur de la théorie ondulatoire de la lumière* (d'après son expression). Ritz vient à examiner le motif qui a porté Newton à rejeter les conceptions d'Huygens, il montre qu'à cause de la grande autorité de Newton, l'éther ne joua, dès lors et pendant près d'un siècle, qu'un rôle extrêmement modeste, jusqu'à ce que les travaux de Fresnel le

[1] *Rivista di Scienza « Scientia »*. Vol. III. Anno II (1908), N° VI-2, p. 260-274.

remirent en honneur, et donnèrent une immense supériorité aux conceptions de Huygens sur celles de Newton. Je commence ma discussion à propos du jugement suivant, que Ritz porte sur les travaux de Fresnel : « *C'est au sans-gène génial avec lequel le grand savant traite ce côté de la théorie qu'il faut attribuer une partie de son succès. Uniquement guidé par l'étude des phénomènes, il en chercha et en trouva les lois mathématiques, qu'on peut exprimer, sous leur forme plus générale, par une certaine équation aux dérivées partielles du second ordre, et par certaines conditions auxquelles la lumière est assujettie lorsqu'elle se trouve à la surface de séparation de deux corps différents, ou d'un corps et de l'éther La difficulté de faire mouvoir librement les corps à travers un éther solide ne l'arrêta pas ; il admit même, pour expliquer l'aberration, que l'éther ne partage pas le mouvement de la Terre dans son orbite, en sorte que tous les objets et l'air qui nous entoure seraient parcourus par un vent d'éther à la vitesse de 30 kilomètres à la seconde, sans que nous puissions nous en apercevoir, même par les expériences les plus délicates.* » Je crois que le concept d'un éther solide n'existait pas à l'époque de Fresnel, et je pense que Fresnel avait eu, au moins, une intuition exacte de la vérité, en admettant que l'éther ne partage pas le mouvement de la Terre dans son orbite, car, d'après ce que j'ai publié sur ce sujet avant Ritz, on doit admettre que l'éther, sans se déplacer lui-même, possède des activités internes qui, par des pressions résultant de modifications électromagnétiques, transportent la Terre dans son orbite, ainsi que le Soleil et tous les astres de l'univers, aucune exception n'étant admissible.

A propos du vent d'éther, cité ci-dessus, Ritz, en comprenant que la résistance, que la Terre et les objets éprouveraient, devrait être décelable, est allé droit à la solution simpliste de la négation, non seulement de l'éther métaphysique, mais aussi de tout milieu actif électromagnétique, tel que celui que j'avais décrit, avec plus de précision que précédemment dans ma Note du 20 février 1908 [1], quelques mois avant la publication du travail de Ritz, que j'analyse ici. Au lieu de reconnaître dans le milieu une force motrice de gravitation due à la pression de son activité vibratoire, Ritz a nié le milieu actif et, pour expliquer la transmission des ondulations lumineuses, il a conclu contre la propagation de la lumière par mode de mouvement et en faveur d'une théorie *émanative*. Ritz écrivait : « *Nous sommes ainsi amenés à considérer l'énergie lumineuse comme projetée, et non comme propagée ; nous reviendrons, dans un certain sens, à une théorie émanative de la lumière et de l'électricité, mais sous une*

forme nécessairement toute nouvelle, et sans oublier un instant qu'il ne s'agit que d'une image destinée à nous rendre sensible le retard qu'éprouvent les actions lumineuses et électriques, retard qui seul est l'objet des expériences. » L'idée de présenter les hypothèses explicatives comme des images abstraites, qu'on a la tendance de vouloir introduire aujourd'hui, est mauvaise, car elles ne pourraient plus jouer leur rôle de guides expérimentaux pour une science qui est *foncièrement*, purement mécanique. Aucune hypothèse physique ne doit être envisagée comme une image simplement abstraite, sans rapport avec la réalité, on doit y voir le mécanisme réel pouvant produire le phénomène ; tant qu'elle se maintient on doit donc y voir la réalité possible. En effet, ce n'est qu'en considérant le vrai substratum mécanique du phénomène physique, qu'on peut vérifier si les lois connues lui sont applicables, et si en agissant d'après ces lois il peut produire toutes les modifications phénoménales que l'expérience nous montre. Ce n'est que d'après cette manière de juger l'hypothèse physique qu'une discussion sur sa probabilité peut avoir un résultat net et décisif.

Prenons comme exemple l'hypothèse émanative, à laquelle Ritz voulait revenir, il n'y a qu'à l'envisager comme le substratum mécanique vrai, pour montrer qu'elle n'élimine pas le milieu. Il nous suffira de l'appliquer à un cas spécial. La lumière étant, d'après cette hypothèse, une substance projetée, considérons simultanément toutes les sources rayonnantes, et tenons compte non seulement des activités individuelles en chacune, mais ajoutons-y les actions réciproques ; alors nous constaterons que l'état vrai du milieu sera d'être en chaque point un centre d'entrecroisements de projections toutes convergentes avant d'atteindre le point, et toutes divergentes dès qu'elles l'ont atteint et le dépassent. Or, puisque toutes les sources envoyent constamment des projections de lumière, le milieu constitué de centres ponctuels tels qu'ils viennent d'être décrits ne serait plus le vide mais le plein, et même l'invariablement plein, toujours et partout. Mais un tel milieu n'est autre que le nouvel éther électromagnétique, et de plus la résistance que Ritz croyait éliminer est encore là tout entière, donc le mouvement des astres n'est explicable que par l'activité du milieu.

Ritz termine ainsi son article : « *Concluons. L'expérience ne nous a jamais révélé trace de quelque chose qui subsisterait dans les espaces vides de matière, au sens ordinaire. Il nous*

[1] Th. Tommasina. Sur l'action exclusive des forces Maxwell-Bartoli dans la gravitation universelle. *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1886, t. XV, p. 297.

sera toujours loisible, cependant, d'y supposer un intermédiaire servant de véhicule aux actions des corps les uns sur les autres, et cette conception pourra même être fort utile, à la condition de ne pas trop la prendre au sérieux, c'est-à-dire à la condition de ne pas oublier qu'il s'agit d'une simple construction mentale et non d'une réalité, construction qu'il faudra abandonner, pour la remplacer par une autre, dès que l'expérience ou l'économie de la pensée l'exigeront. » Je vais donc paraphraser les conclusions de Ritz de la manière suivante : L'expérience ne nous a jamais révélé trace de phénomènes pouvant être produits dans des espaces vides de substance matérielle. Il nous faut donc *forcément admettre l'existence* d'un intermédiaire matériel servant de véhicule aux actions des corps les uns sur les autres. Le mécanisme intermédiaire qu'on supposera pourra ne pas correspondre exactement au *mécanisme réel qui existe sûrement*, aussi les hypothèses sur sa nature spéciale devront-elles changer au fur et à mesure que des faits nouveaux nous l'imposeront. En l'état actuel de nos connaissances, ce mécanisme est celui électromagnétique de la propagation de la lumière et de la chaleur rayonnante. Nous devons donc avoir toujours présent que ce n'est pas là une simple conception utile, ni une simple construction mentale, mais une réalité dont nous connaissons l'existence, et dont nous tâcherons d'en établir peu à peu la forme vraie d'après les résultats successifs de nos recherches expérimentales.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 6 décembre 1911

F.-A. Forel. Fata-morgana. — Frédéric Jaccard. Même phénomène. — Eug. Delessert. Même phénomène. — Biermann. Partie inférieure de la vallée de la Tourtemagne (Valais). — P. Dutoit. L'analyse physico-chimique des vins.

M. F.-A. Forel traite de la *fata-morgana*[1].

M. Frédéric Jaccard cite une *Fata morgana* qui lui est apparue, au printemps 1911, sur la pointe qui sépare Lutry de Cully. Cette observation a été faite de la galerie du Chalet Sans-Souci à Pully, c'est-à-dire à environ 40 mètres au-dessus de la surface du lac.

M. Eug. Delessert ajoute qu'il a remarqué depuis Lutry le même genre de phénomène, du côté de la pointe d'Yvoire et surtout, en proportions plus grandioses, vers Meillerie et ses environs.

M. Biermann a relevé, dans la *partie inférieure de la vallée de la Tourtemagne* (Valais) les affleurements rocheux (schistes) et la disposition des dépôts glaciaires. Il a constaté que la gorge par laquelle la Tourtemagne débouche dans la vallée du Rhône est une gorge de surimposition, telle qu'on en a cité en grand nombre dans les Alpes. Le nouveau lit mord d'abord sur le flanc droit de la vallée primitive, dont le V, très visible sur la gauche, reste comblé par la moraine. Puis le torrent passe sur le versant gauche, sans avoir pu encore régulariser son cours : il fait 500 m. en aval, une chute de 26 m. de haut, suivie d'un tronçon en rapides.

L'ancien lit se distingue sur la droite. Complètement rempli par la moraine, il a été en partie déblayé par un torrent temporaire qui a construit de ses apports un cône de déjection[2] sur lequel est

[1] *Archives*, 1911, t. XXXII, p. 471.

[2] Suivant un renseignement verbal de M. L. Horwitz.

bâti le quartier oriental du village de Tourtemagne. L'excavation n'a pas atteint le thalweg de la vallée primitive, qui est encore recouvert de glaciaire. Des versants, il n'a été mis à nu que deux ou trois affleurements, tout au bas de la vallée; ces affleurements, très raides, laissent entre eux moins de 100 m. d'écartement; le V très aigu dont ils forment les branches, avait sa pointe 600 m. d'altitude environ (Rhône près de Tourtemagne 625 m.). Il y avait là une gorge par laquelle la vallée primitive de la Tourtemagne se raccordait avec la vallée du Rhône. Cette gorge de raccordement n'est en tout cas pas postglaciaire, puisqu'elle a été comblée par le glacier et qu'après le retrait de celui-ci, la Tourtemagne s'est surimposée à gauche. Elle est donc interglaciaire ou préglacière, il n'est pas facile de décider lequel des deux tant qu'on ignore l'épaisseur des alluvions qui masque actuellement le plafond de la vallée du Rhône. Dans le dernier cas, elle supposerait un abaissement de niveau de base, tel que celui admis par Ed. de Martonne[1] dans sa théorie de l'érosion glaciaire. Il vaudrait la peine d'étudier à ce point de vue les autres gradins de confluence et gorges de raccordement du Valais.

M. P. Dutoit compare les résultats de l'analyse chimique et de l'analyse physico-chimique des vins.

Séance du 20 décembre

Dr Perriraz. Cendres du Krakatoa. — Le même. Céleris anormaux. — Arthur Maillefer. Contribution à une théorie mathématique du géotropisme. — Frédéric Jaccard. Hache en diorite — F. Porchet. Analyses chimique et physico-chimique des vins. — Le même. Fata-morgana.

M. le Dr Perriraz. — *Cendres de Krakatoa.* — Ces cendres ont été recueillies par le capitaine du *Pax*, cargo-boat belge ayant comme port d'attache Anvers. M. Max Fath, voyageant sur ce bateau quelques années plus tard, en obtint un échantillon. Ces cendres sont en tout point semblables à celles déjà analysées et décrites précédemment.

Le même. — *Céleris anormaux.* — Le genre Apium comporte toute une série de plantes qui aiment les endroits sablonneux et humides. Par des améliorations successives, on est arrivé à obtenir un certain nombre de variétés de céleris plus ou moins gros, plus ou moins résistants et à chair comestible.

Les cultures de 1911 n'ont pas donné des résultats semblables suivant les terrains producteurs, et dans les terres fortes de nom-

[1] *Annales de Géographie* 1910, p. 289-317 et 1911, p. 1-28.

breuses anomalies se sont produites: Dans certaines cultures (M. Crot, Vevey) on a obtenu plus de 60 % de racines anormales. Les plantes ont subi ce que les maraîchers appellent un arrêt de sève, cela au commencement de l'été et par suite de la grande sécheresse. En automne, les zones cambiales ont fonctionné à nouveau et ont reproduit un deuxième tubercule sur le premier; de nombreuses couches superposées tenaient une grande place dans la racine et de plus on constatait fréquemment la présence d'anthocyane, cas plutôt rare et indiquant un phénomène anormal dans la nutrition. De plus, le tubercule supérieur était souvent fendu; la pression osmotique dans les cellules ayant été trop forte (même cas que chez les chrysanthèmes).

Comme l'horticulture sélectionne et améliore de plus en plus des variétés cultivées, celles-ci deviennent de plus en plus sensibles, délicates et présentent de plus en plus des malformations nombreuses.

M. Arthur Maillefer, — *Contribution à une théorie mathématique du géotropisme.* — Les résultats obtenus par les auteurs qui ont étudié le géotropisme peuvent se résumer comme suit: Si l'on place une plante de façon qu'elle fasse une angle avec la direction d'une force (pesanteur ou f. centrifuge), la plante commence à se courber au bout d'un certain temps *(temps de réaction)*; pour qu'il y ait courbure consécutive, il faut exposer la plante pendant un certain temps *(temps de présentation).*

Les nombreuses expériences (984) faites en 1909, 1910 et 1911 m'ont amené à une conception différente du phénomène: Une plante soumise à l'action d'une force *commence à se courber immédiatement.* Les temps de réaction et de présentation ne peuvent donc pas être définis comme les temps nécessaires pour qu'une courbure se produise, mais comme les temps nécessaires pour que la courbure atteinte soit visible à l'œil. Les temps de réaction et de présentation varieront donc avec les observateurs; ces temps seront fonctions de leur sensibilité psychologique.

Les lois trouvées en mesurant les temps de réaction et de présentation gardent malgré ce changement de définition une signification; je vais montrer que ces lois et les autres qui ont été trouvées jusqu'à aujourd'hui sont les conséquences d'une loi fondamentale que j'énoncerai plus loin.

On a donné cinq lois qui régissent le géotropisme. *1re loi* (Fitting, *Jahrb. f. w. Bot.* Bd. 41, 1904). Pour que les effets géométriques produits par l'exposition d'une plante à la pesanteur agissant sous des angles α_1, α_2, α_3,... soient égaux, il faut que les plantes soient soumises à la pesanteur pendant des temps t_1, t_2, t_3..... tels que l'on ait

$$t_1 \sin \alpha_1 = t_2 \sin \alpha_2 = t_3 \sin \alpha_3 = \ldots\ldots$$

2me *loi* (Maillefer, *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XLV, 1909). Pour que les inductions produites par deux ou plusieurs forces f_1, f_2, f_3..... soient égales, il faut qu'elles agissent pendant des temps t_1, t_2, t_3..... tels que l'on ait

$$f_1t_1 = f_2t_2 = f_3t_3 = \ldots\ldots$$

Dans les deux premières lois l'induction se définit par la propriété suivante : Lorsque l'on fait agir sur la plante deux inductions égales et opposées, la plante ne se courbe pas. Ces deux premières lois sont indépendantes de l'état psychologique de l'observateur.

3me *loi* (Maillefer, *Procès-verbal Soc. vaud. sc. nat.*, 17 févr. 1909; Mlle Pekelharing, *Koninkl. Akad. v. Wetensch.*, Amsterdam, 29 mai 1909). Le produit de la force centrifuge qui agit sur une plante par le temps de présentation correspondant est une constante.

4me *loi* (Mlle Pekelharing, *ibid.*). Le produit du temps de présentation d'une plante exposée à la pesanteur de façon à faire un angle donné avec la verticale par le sinus de cet angle est une constante.

5me *loi* (Tröndle, *Jahrb. f. w. Bot.* 48, 1910. Le produit de la force centrifuge f qui agit sur une plante par le temps de réaction $\frac{R}{f}$ diminué k est une constante a

$$(R - k)f = a$$

On peut déduire les quatre premières loi de la *loi fondamentale du géotropisme* qui peut s'énoncer comme suit : Lorsqu'on soumet une plante orthogéotropique à l'action d'une force (f. centrifuge ou gravité), elle commence immédiatement à se courber avec une certaine vitesse. L'accélération de courbure b est proportionnelle à la force qui agit sur la plante et au sinus de l'angle que fait l'axe de la plante avec la direction de la force ; cette accélération b communique une certaine vitesse de courbure v. Si l'action de la force cesse à un moment donné, la courbure continue à s'accentuer en vertu de la vitesse de courbure acquise. Cette courbure est contrariée par une action antagoniste qui tend constamment à ramener la plante dans sa position primitive ; cette action peut être représentée par une accélération $\beta < b$. Après que l'action de la force aura cessé, la plante se courbera donc jusqu'à un maximum de courbure.

La courbure se définit comme l'inverse du rayon de courbure. Les termes accélération et vitesse sont compris de la même manière qu'en mécanique ; les formules de la mécanique sont donc directement applicables. Dans les déductions qui suivent, j'ai supposé β constant, ce n'est sûrement pas vrai ; mais comme au bout du

temps de réaction la courbure est encore très faible, il est permis de supposer β constant.

La loi fondamentale nous permettra de résoudre les problèmes suivants :

1° Pendant combien de temps une force dont l'accélération est b doit-elle agir pour que, grâce à la vitesse de courbure acquise, la plante atteigne une courbure maximum C ?

L'accélération qui agit réellement sur la plante est b-β. La vitesse acquise au bout du temps t_1 sera

$$v_1 = (b - \beta)t_1$$

En vertu de cette vitesse, la courbure maximum atteinte sera

$$C = \frac{v_1{}^2}{2\beta} = \frac{({}_1 - \beta)^2 t_1{}^2}{2\beta} \qquad \text{d'où} \qquad t_1 + \frac{(b_1 - \beta)}{\sqrt{2\beta C}}$$

Nous négligeons la faible courbure qui se produit pendant le temps$_1$.

Pour amener une même courbure C, une accélération b_2 devra agir pendant un temps t_2

$$t_2 = \frac{\sqrt{2\beta C}}{(b_2 - \beta)}$$

Supposons que C soit précisément la courbure la plus faible qui soit visible à l'œil ; t_1 et t_2 seront les temps de présentation. Faisons le rapport.

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{2\beta C}\,(b_2 - \beta)}{(b_1 - \beta)\sqrt{2\beta C}} \quad \frac{b_2 - \beta}{b_1 - \beta}$$

Nous avons supposé β constant, ce qui n'est pas vrai ; β augmente avec la courbure ; dans notre cas, où la courbure est très faible, β est négligeable ; on a donc

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{b_2}{b_1} \qquad \text{ou} \qquad t_1 b_1 = t_2 b_2$$

C'est précisément la troisième loi, l'accélération étant proportionnelle à la force. La quatrième loi se déduirait de la même manière.

2° Faisons agir, alternativement, un grand nombre de fois, sur les deux faces opposées de la plante deux forces différentes, d'accélération b_1 et b_2 pendant des temps t_1 et t_2 ; quelle relation doit lier les temps et les accélérations pour que la plante ne se courbe pas ?

Dans ces conditions expérimentales β est négligeable. A la fin de la première période t_1, l'accélération b_1 aura communiqué une vitesse de courbure

$$v_1 = b_1 t_1$$

Pendant la deuxième période, si on laissait la plante à elle-même, elle continuerait à se courber avec la même vitesse v_1 (à la condition que t_2 soit petit). A la fin de la deuxième période, l'accélération b_2 communiquerait à la plante, si elle était seule, une vitesse de courbure

$$v_2 = b_2 t_2$$

Pour qu'il n'y ait pas courbure, il suffit qu'à la fin de la deuxième période $v_1 = v_2$, d'où il suit qu'il faut que

$$v_2 b_2 = t_1 t_1$$

C'est la deuxième loi. On voit que ce que j'appelais en 1909 l'induction géotropique est la vitesse de courbure acquise. La première loi se déduirait de la même manière.

3° Laissons agir une force d'accélération de courbure b sur une plante et voyons au bout de combien de temps la courbure aura atteint une certaine valeur C

$$C = \frac{1}{2} b t^2$$

On en tire

$$t^2 = \frac{2C}{b}$$

Si C est la courbure la plus faible que l'œil puisse apprécier, t est le temps de réaction.

On voit que ce n'est pas la formule trouvée par Tröndle. Ces deux courbes ont cependant une certaine analogie ; elles sont toutes deux assymptotiques à l'axe des temps et à l'axe des accélérations (ou force) ou à un axe parallèle. En appliquant ma formule aux résultats de Bach et Pekelharing, on obtient des résultats aussi approchés qu'avec la formule de Tröndle.

M. Frédéric Jaccard présente une *petite hache, en diorite (?)*, du type des petites haches polies des stations lacustres de Chevroux et Concise.

Elle a été trouvée par Mme Verrey-David, dans les déblais provenant des fouilles faites lors de la restauration de sa villa de Clairefond en Vernay près Chamblandes (Pully). Quoique le gisement exact de cette intéressante trouvaille ne nous soit pas connu, la très grande proximité des sépultures à cistes néolithiques de Chamblandes nous permet, semble-t-il, de rattacher cette hachette au mobilier de ces sépultures.

C'est, en effet, à quelque 50 mètres de là que se trouvaient les cistes néolithiques découvertes par Morel-Fatio et le Dr Marcel, en 1880 et 1881, ainsi que celles si connues par les fouilles plus récentes de Schenk et M. Naef.

Tout en constatant tout ce qu'il y a d'aléatoire, d'échaffauder une théorie quelconque sur la présence de cette hachette en ce lieu, M. Fr. Jaccard fait remarquer que si on l'attribue aux constructeurs des cistes de Chamblandes, cette hachette pourrait aider à préciser quelque peu l'âge de ce cimetière néolithique.

On se souvient, en effet, que Schenk a cru pouvoir attribuer les sépultures de Chamblandes au commencement de l'époque néolithique (époque tardenoisienne) ou tout au moins au Campygnien de G. de Mortillet, tandis que M. Naef les classe dans la période moyenne du néolithique suisse.

Déjà, dans le mobilier assez pauvre de ces sépultures, les grains de collier en jayet, les grains de corail et les coquillages méditerranéens et surtout la superbe hache-marteau avec trou d'emmanchement ou casse-tête en serpentine, trouvée à Chamblandes même par le Dr Marcel, ne semblent pas autoriser à reporter les cistes de Chamblandes à une phase reculée de l'époque néolithique. La petite hachette que nous présentons aujourd'hui n'a rien non plus qui rappelle les instruments proprement campygniens et nous permettrait avec la hache-marteau de considérer les sépultures de Chamblandes comme datant de la seconde moitié de la période néolithique.

M. Dr F. Porchet, empêché d'assister à la séance au cours de laquelle MM. Dutoit et Duboux ont comparé l'*analyse chimique et l'analyse physico-chimique des vins*, tient à donner son opinion sur les conclusions générales tirées de cette étude.

M. Porchet félicite vivement ses collègues des résultats extrêmement intéressants qu'ils ont obtenus en poursuivant l'application de la méthode des conductibilités électriques à l'analyse des vins. Par contre, il ne peut souscrire aux conclusions générales tirées de cet ensemble de travaux, et relève dans celles-ci les points suivants :

MM. Dutoit et Duboux estiment que l'insuffisance de l'analyse chimique vis-à-vis de la fraude n'est mise en doute par aucun spécialiste. Sous cette forme, cette assertion peut prêter à un regrettable malentendu. Dans la très grande majorité des cas, en effet, l'analyse chimique est parfaitement suffisante pour déceler la fraude. Les résultats obtenus dans tous les pays où fonctionne un contrôle chimique sérieux des boissons et des denrées en sont la preuve. Il est, par contre, certain que dans les cas limités ou dans ceux de falsifications faites par des procédés ou sur des bases scientifiques, l'analyse chimique peut se trouver en défaut. Il en sera probablement de même, en circonstances analogues, des indications fournies par les méthodes actuelles de la physico-chimie des vins. Mais on ne saurait se baser sur ces cas spéciaux pour

affirmer, sans restriction, l'insuffisance des méthodes chimiques vis-à-vis de la fraude.

En second lieu, M. Porchet pense que les contradictions entre experts chimistes — se produisant tout spécialement dans les cas particuliers cités plus haut — ne doivent pas être attribuées aux méthodes d'investigation, mais au fait que l'analyse chimique, comme l'analyse physico-chimique à laquelle on la compare, conduit à l'obtention de chiffres qu'il faut interpréter pour en dégager une conclusion sur l'authenticité du produit. C'est précisément lors de cette interprétation qu'apparaissent les divergences.

Or, MM. Dutoit et Dubout ont proposé dans leur communication de substituer aux méthodes chimiques l'analyse physico-chimique qu'ils estiment plus rapide et exacte pour doser une séries de composants des vins. On augmentera ainsi le nombre des résultats obtenus, mais on ne supprimera malheureusement pas l'obligation d'interpréter ces résultats numériques et partant la principale cause de divergence entre experts, dans les cas difficiles.

M. Porchet pense que, selon toutes probabilités, c'est aux méthodes physico-chimiques, ou peut-être biologiques, qu'il appartient de nous donner un jour un critère absolu de la falsification des vins en trouvant, par exemple, une réaction distinguant l'eau physiologique de l'eau d'addition à la cuve ou au tonneau. Ainsi on pourrait espérer pouvoir se libérer partiellement ou même totalement des méthodes chimiques — ou physico-chimiques actuellement proposées — qui, les unes comme les autres, ont pour résultat de fixer quantitativement l'équilibre existant entre divers composants du vin.

La chose a été réalisée, par exemple, dans le contrôle des laits, par réfraction du sérum ; dans celui des viandes hachées, par la méthode des sérums précipitants. On est parvenu dans ces cas à caractériser des falsifications sans avoir nécessairement recours à l'analyse quantitative du produit. Il n'est pas injustifié d'espérer avoir un jour un critère analogue pour l'appréciation des vins. Mais il faut malheureusement reconnaître que pour l'instant nous ne le possédons pas.

C'est donc sans aucun parti pris... de chimiste que M. Porchet formule les réserves résumées ci-dessus. Elles ne s'appliquent du reste nullement aux intéressants travaux de MM. Dutoit et Duboux, mais strictement aux conclusions générales qu'en ont tirées, dans la précédente séance, leurs auteurs.

M. Porchet présente une observation de déformations variées subies par le disque solaire, précédées de phénomènes optiques paraissant caractériser celui de la *Fata morgana*.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Sol. Pellat. Notice sur les travaux de Henri Pellat, avec portrait. Éditions E. Basset et C[ie], Paris, 1912.

Nous tenons à signaler ici, cette très intéressante publication pieusement consacrée par M. Sol. Pellat à la mémoire de son père, l'éminent physicien enlevé à la science, le 18 décembre 1909. Cette brochure contient avec toutes les indications bibliographiques relatives aux nombreuses œuvres du regretté savant, son portrait, sa biographie et les quelques pages de lui ayant pour titre : *Réflexion au sujet de l'Univers et des Lois naturelles.*

CHIMIE

A. Göschke et J. Tambor. Synthèse de la butéine *(Berichte d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 44, p. 3502-3505. Université de Berne).

La synthèse des polyoxychalkones, classe de composés à laquelle appartient la butéine, principe colorant des fleurs du *Butea frondosa*, a été réalisée par les auteurs, ce qui leur a permis de préparer toute une série de di- et de trioxychalkones sur lesquelles ils reviendront plus tard. Ils ont obtenu la butéine elle-même en faisant réagir une lessive de potasse à 50 % sur une solution alcoolique bouillante d'aldéhyde protocatéchique et de résacétophénone. Après purification du produit de la réaction, la butéine est en aiguilles rouge-orange, brillantes, f. à 240° en se décomposant ; elle est identique à la butéine naturelle et renferme après cristallisation dans l'alcool étendu 1 aq.

OH ⟨benzène⟩ OH
OH
⟨⟩ CO — CH = CH ⟨⟩ OH

Son dérivé *tétracétylé* est en aiguilles jaunes, *f* à 129° ; son *éther méthylénique* préparé en partant du pipéronal est en aiguilles fines, jaunes, f. à 185° et le *dérivé diméthoxylé* de celui-ci est en aiguilles jaune pâle, f. à 168°.

K. Stutz. Sur le produit de déshydratation de l'acide phénylglycolique (*Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 44, p. 3485-3487. Laboratoire de chimie inorganique de l'Institut chimique de Bâle).

L'auteur a trouvé une méthode commode de préparation du produit de déshydratation de l'acide phénylglycolique : elle consiste à chauffer cet acide pur mélangé avec 5 % d'acide sulfurique pur, dans une étuve à 93° pendant huit heures. On peut diminuer la proportion d'acide et augmenter la durée du chauffage et de même en chauffant vingt heures à 92° avec 10 % d'acide chlorhydrique, il y a aussi élimination d'eau. L'analyse élémentaire conduit à la formule $C^{32}H^{26}O^{9}$ soit

$$4C^{6}H^{5}CH(OH)COOH - 3H^{2}O = C^{32}H^{26}O^{9}$$

Le produit vitreux qui se forme donne cependant par l'action de l'ammoniaque plus d'amide que la formule ci-dessus ne le permettrait. Il est donc possible que l'on ait à faire à un mélange ou bien qu'il se forme de la lactide $(C^{8}H^{6}O^{2})_2$ dont le caractère amorphe s'opposerait à l'élimination complète de l'eau. La préparation de ce produit étant facilitée par cette nouvelle méthode, l'auteur se propose de l'étudier de plus près.

J. Tambor. Recherches dans le groupe de la coumarone (*Ber. der Deutsch. Chem. Ges.* T. 44, p. 3215-3223. Berne 1911. Laboratoire de l'Université).

On sait, d'après les recherches de Haller et Kostanecki, que le double chromophore (CO.C : C), renfermé dans les dérivés de la classe des oxy-benzoyl-1-coumarones, a de l'importance au point de vue de la théorie des matières colorantes, aussi est-il utile d'étendre le champ de nos connaissances sur les combinaisons de cette nature. Les dérivés alcoylés de l'oxybenzoylcoumarone peuvent être préparés par les trois méthodes suivantes :

1° en traitant par la potasse alcoolique les dibromures des o-acetoxychalkones ; 2° par l'action du chlorure de l'acide coumarilique sur les éthers phénoliques en présence de chlorure d'aluminium, et 3° par condensation de l'aldéhyde salicylique avec l'α-bromacétophénone en solution alcaline alcoolique.

L'auteur, avec la collaboration de MM. Günsburg, Keller, Chanschy, Herzenberg, Rosenknopf et Lichtenbaum, a préparé par ces méthodes toute une série de dérivés alcoylés des oxy-(poly-oxy) benzoyl-coumarones, qui enrichissent considérablement cette classe de composés et dont on trouvera la description dans le mémoire original.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1912

Le 1, pluie dans la nuit et depuis 1 h. 30 m. du soir.
2, forte averse à 6 h. 35 m. du matin.
3, pluie de 6 h. du matin à 3 h. 50 m. du soir et depuis 10 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
4, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 9 h. 45 m. du matin.
5, pluie dans la nuit; à 7 h. du matin, à 6 h., 7 h. et 10 h. du soir.
6, pluie dans la nuit; à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; averse mêlée de grésil à midi 15 m., fort vent à 10 h. du matin.
7, pluie dans la nuit et à 4 h. du soir; averse et grésil à 10 h. 35 m. du matin.
les 8 et 9, gelée blanche le matin.
le 10, pluie à 10 h. du soir.
11, pluie à 7 h. du matin.
les 12, 13, 14, 15 et 17, gelée blanche le matin.
le 16, pluie dans la nuit.
18, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin, à 1 h. et à 4 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.
19, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 11 h. du matin; fort vent jusqu'à 1 h. du soir.
20, pluie dans la nuit et jusqu'à 11 h. du matin; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
21, pluie dans la nuit et de 5 h. 30 m. à 8 h. du soir.
22, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; fort vent pendant la journée.
23, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin et depuis 8 h. du soir.
24, pluie dans la nuit et pendant une grande partie de la journée; fort vent le matin.
26, forte rosée le matin et le soir.
les 28 et 29, forte rosée le matin.
le 29, pluie à 1 h. et à 4 h. du soir; forte bise l'après-midi.
les 30 et 31, forte rosée et gelée blanche le matin.
le 31, pluie à 7 h. du soir.

GENÈVE — MARS 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm +							Vent					Nébulosité				Durée d'insolation	Pluie	
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	30.7	29.5	28.0	29.86	+ 4.03	28 0	32 0	W. 0	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	5.0	9	10	10	10	0 5	12.0	7
2	30.8	28.8	25.4	28.40	+ 2.64	24.6	30.8	SSW. 1	SW. 0	W. 1	SSW. 1	7 9	5	3	1	3	9.0	0.4	1
3	21.8	23.5	25.0	23.51	- 2.19	21 3	25.4	WSW. 1	S. 1	SW. 1	var.	5.4	10	10	10	10	....	**22.6**	**12**
4	27.9	27.4	27.3	27.17	+ 1.53	26.0	28.5	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	10 3	9	3	10	6	7.7	2 4	3
5	24.0	24.3	23.1	24.02	- 1.56	23.0	26.4	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	**21.0**	10	9	10	10	0.3	6.5	5
6	23.0	23.4	23.7	23.20	- 2.33	22.5	24.0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	14.9	10	5	6	9	4.7	2.8	2
7	23.4	23.9	27.3	24.54	- 0.93	23.0	28.2	SW. 1	SSW. 1	SE. 1	SSW. 1	6 9	6	5	10	7	4.1	0.8	1
8	28.3	26.7	26.3	27.17	+ 1.76	25.8	28.4	S. 1	N. 1	NNW. 0	N. 1	4.2	0	6	0	2	8 8	....	....
9	26.0	24.2	22.7	24.50	- 0.86	22.3	26.5	NNW. 0	N. 1	SSW. 1	N. 1	2.1	0	2	5	4	7.3	....	....
10	21.0	20.3	22.0	21.51	- 3.79	20.0	24.0	WSW. 1	NNW. 1	SW. 1	SSW. 1	5.0	9	9	8	9	2.6	1.2	2
11	26.2	26.8	29.0	26.59	+ 1.34	23.8	29.5	SW. 1	SW. 1	NNW. 1	var.	7.3	10	6	1	4	7.7	0.1	....
12	32.0	32.5	34.3	32.40	+ 7.20	29.5	35 0	SE. 1	NNE. 1	N. 1	var.	2.1	0	2	0	3	7.2	....	....
13	36.2	34.9	33.6	34.87	+ 9.72	33.5	**36.2**	W. 0	N. 1	N. 0	calme	1.8	0	2	2	1	9.5	....	....
14	32.8	31.0	29.6	31.36	+ 6.26	28.7	33.8	SW. 1	NNW. 1	W. 1	calme	1.9	4	1	0	1	9.6	....	....
15	27.5	26 0	24.4	26.30	+ 1.25	24.0	29.1	W. 1	SW. 1	SSW. 2	SSW. 1	6.9	0	6	10	6	8.0	1.0	1
16	26.6	25.5	24.5	25.32	+ 0.31	24.3	27.8	WSW. 1	NNE. 1	NNW. 0	NNW. 1	8.8	7	5	2	4	7 4	....	....
17	21.8	20.4	17.9	20.35	- 1.61	17.1	23.1	SSW 1	NW. 1	NNW. 0	NNW. 1	2.4	9	10	7	9	0.9	1.2	1
18	14.2	11.2	12.6	**13.05**	**-11.87**	**10.4**	17.0	WSW. 1	NNW. 1	SSW. 2	SSW. 1	10.8	10	10	10	10	0.2	16.7	9
19	15.7	19.2	20.4	17.46	- 7.42	13.0	21.0	SSW. 2	SSW. 2	W. 1	SSW. 1	13.1	10	4	2	6	5.1	5.3	5
20	20.4	21.3	21.6	20.90	- 3.94	20.0	22.0	SW. 1	N. 1	NNW 1	var.	5.6	10	10	8	8	0.7	4 9	5
21	22.3	20.8	19.2	21.13	- 3.68	18.8	22.8	WSW. 2	SSW. 2	NW. 1	SSW. 1	11.6	10	9	7	9	2.3	7.7	5
22	19.1	19.2	22.2	19.94	- 4.83	18.6	23.0	W. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	14.8	10	9	10	9	3 8	4.0	6
23	26.3	27.0	25 9	26 02	+ 1.28	23.9	27.2	SSW. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	10.0	10	9	10	10	3 0	12.6	11
24	23.9	25.4	30.0	26.02	+ 1.31	23.8	30.7	SSW. 1	SSW. 2	NNW. 1	SSW. 1	10.5	10	10	10	10	0.1	9.8	10
25	33.3	33.9	34.7	33.43	+ 8.75	31.0	34.8	S. 1	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	4.6	9	7	0	5	6:1	....	....
26	35.3	35.1	34.7	**34.94**	**+10.29**	34.4	35.8	NNE. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	4.0	8	1	0	2	9.1	....	....
27	33.8	32.4	31.7	32.74	+ 8.11	31.1	34.5	SSE. 0	SSW. 1	SW. 1	SW. 1	4.6	0	1	0	1	10.4	....	....
28	31 1	30.2	30.0	30.65	+ 6.05	29.2	31.9	SSE. 0	WNW. 1	NNE. 1	var.	3.4	2	2	1	1	11.1	....	....
29	29.7	30.6	31.8	30.39	+ 5.81	29.3	31 9	NNW. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	6.9	4	10	0	5	4.0	0.2	1
30	30.9	29.8	29.8	30.19	+ 5.63	28.6	32.0	SSW. 1	NW. 1	NNE. 1	calme	1.9	0	0	0	0	**11.6**	....	....
31	26.6	21.9	18.6	22.91	- 1.64	17.2	27.4	SW. 1	N. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.1	3	8	10	7	8.4	8.1	8
Mois	26.53	26.03	26 05	26.16	+ 1.13							7.15	6.3	5.6	5.2	5.8	171.2	120.3	95

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 8.7	+13.4	+10.5	+10.83	+ 7.85	+ 8.1	+13.7	86	60	84	78	− 1	59	87	6.8	+ 1.1	1250
2	8.1	15.8	9.2	11.25	+ 8.16	7.8	17.2	90	41	71	68	−11	40	94	7.0	+ 1.5	1260
3	9.4	5.7	4.4	7.27	+ 4.07	4.2	12.4	76	91	90	81	+ 3	50	97	—		1230
4	5.3	10.8	9.0	7.70	+ 4.38	4.0	11.5	76	47	50	62	−16	43	80	6.8	+ 1.3	1250
5	9.9	12.0	10.1	10.14	+ 6.71	7.0	13.4	69	57	79	63	−15	45	84	6.6	+ 1.0	1225
6	6.8	9.4	6.4	8.01	+ 4.46	5.0	11.6	70	66	68	67	−11	48	83	6.0	+ 0.4	1265
7	3.8	8.9	5.0	5.30	+ 1.64	+ 2.7	10.0	80	52	81	72	− 5	50	85	6.1	+ 0.4	1210
8	+ 0.6	7.8	3.5	4.46	+ 0.68	0.0	9.0	92	44	82	70	− 7	40	93	6.1	+ 0.4	1255
9	− 0.7	6.9	5.2	3.68	− 0.22	− **1.5**	8.9	92	57	64	69	− 8	40	93	6.0	+ 0.2	1230
10	+ 2.1	10.2	6.8	5.99	+ 1.97	+ 1.5	13.0	82	58	74	71	− 6	48	83			1210
11	5.7	11.8	5.4	7.13	+ 3.29	+ 1.5	13.9	85	47	81	71	− 5	45	85	6.4	+ 0.5	1195
12	0.4	9.7	7.2	5.77	+ 1.51	0.0	11.5	96	49	70	73	− 3	48	96	6.4	+ 0.5	1115
13	0.7	9.7	6.3	6.13	+ 1.75	+ 0.2	11.9	93	49	67	65	−11	29	91	6.3	+ 0.3	1100
14	2.1	10.4	6.6	5.99	+ 1.48	0.8	13.2	85	46	68	65	−11	40	85	6.6	+ 0.6	1045
15	0.8	14.3	10.8	7.97	+ 3.34	0.3	16.3	88	35	53	61	−14	**23**	90	6.7	+ 0.6	1005
16	5.3	7.1	4.5	6.81	+ 2.06	+ 1.4	9.9	56	39	52	**52**	**−23**	39	80	7.4	+ 1.2	985
17	0.6	5.6	4.4	**3.55**	− **1.33**	− 0.5	7.5	92	49	75	68	− 7	48	93	—	—	935
18	5.3	5.5	9.3	6.66	+ 1.66	+ 3.5	10.5	93	97	70	84	+ 9	60	99	6.7	+ 0.4	940
19	6.3	10.8	5.2	8.04	+ 2.91	5.0	11.7	90	56	79	66	− 8	43	90	6.7	+ 0.4	980
20	2.9	4.7	4.7	4.71	− 0.55	2.3	8.0	93	84	76	80	+ 6	60	95	6.4	0.0	885
21	3.4	10.6	7.3	6.48	+ 1.10	2.5	11.4	71	46	77	66	− 8	45	95	6.1	− 0.4	930
22	4.8	10.1	4.3	6.28	+ 0.77	3.5	10.7	83	51	92	75	+ 1	49	93	6.4	− 0.1	920
23	3.5	9.0	5.4	5.96	+ 0.32	3.2	9.3	92	59	81	76	+ 2	55	93	6.3	− 0.3	945
24	8.3	9.9	6.6	8.19	+ 2.12	5.0	12.3	85	79	97	85	+12	70	98	—	—	965
25	6.7	11.4	8.5	8.93	+ 3.03	5.7	13.8	97	75	92	**88**	**+15**	70	100	6.5	− 0.2	940
26	9.1	14.2	10.1	10.67	+ 4.64	6.1	17.6	96	66	75	82	+ 9	60	96	7.0	+ 0.2	960
27	6.0	21.5	14.4	13.86	+ 7.69	5.1	**22.9**	97	33	67	69	− 4	32	99	7.3	+ 0.4	965
28	10.0	20.7	12.7	**14.47**	+ **8.17**	9.0	22.0	75	28	61	55	−17	28	83	7.9	+ 0.9	950
29	7.5	10.2	7.4	9.36	+ 2.93	6.3	16.0	83	82	67	75	+ 3	53	89	7.6	+ 0.6	955
30	2.5	12.3	8.5	7.99	+ 1.43	+ 1.8	16.4	86	34	46	56	−16	24	87	7.6	+ 0.5	945
31	+ 1.0	+10.4	+10.7	+ 6.79	+ 0.09	0.0	+14.0	93	37	71	69	− 3	35	99	—	—	965
Mois	+ 4.75	+10.67	+ 7.44	+ 7.63	+ 3.03	+ 3.48	+12.95	85	55	73	70	− 5			6.68	+ 0.56	1065

MOYENNES DE GENÈVE. — MARS 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.10	25.68	25.70	25.61	25.20	24.65	24.87	25.30	25.39
2e »	25.00	24.80	25.32	25.49	24.89	24.22	24.37	24.79	24.86
3e »	28.48	28.08	28.40	28.45	27.83	27.21	27.68	28.03	28.02
Mois	26.59	26.25	26.53	26.61	26.03	25.43	25.71	26.11	26.16

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 6.50	+ 5.53	+ 5.43	+ 8.54	+10.09	+ 9.43	+ 7.62	+ 6.56	+ 7.46
2e »	4.52	3.36	3.01	7.10	8.96	9.47	8.00	6.03	6.31
3e »	6.32	5.09	5.71	10.32	12.75	12.83	10.43	8.54	9.00
Mois	+ 5.80	+ 4.67	+ 4.75	+ 8.70	+10.67	+10.65	+ 8.74	+ 7.09	+ 7.63

Fraction de saturation en %.

1re décade	75	76	81	64	57	59	71	76	70
2e »	77	84	87	66	55	51	58	69	68
3e »	85	88	87	67	54	56	68	75	73
Mois	79	83	85	66	55	56	66	73	70

Dans ce mois l'air a été calme 118 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{34}{105} = 0.32$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	26.20
Nébulosité..................	5.7
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 7°.62
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$ ..	+ 7°.58
Fraction de saturation........	71 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	25.03
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	6.1
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	47mm.3
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	+ 4°.60
Fraction de saturat. (1849-1875).	75 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	164.6	144.4	137.6	122.7	149.8	131.0	107.1

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	107.9	120.3	107.2	105.3	124.4	118.5

Insolation à Jussy : 151 h. 5.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1912

Les 1, 3, 5, 6, 10, 17, 18, 19, 20, 21 et 31, neige et fort vent.
4, 7, 22 et 24, neige et forte bise.
11, 12, 16 et 23, neige.
le 9, fort vent.
les 13, 25, 28 et 29, forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	68.2	67.6	66.1	67.4	+ 7.7	66.2	68.3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	6	10	10	9	15.0	19
2	66.0	66.2	65.5	65.9	+ 6.2	64.0	66.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	2	1	...	...
3	61.8	67.9	59.7	63.1	+ 3.4	59.6	68.0	SW. 3	SW. 1	NE. 1	SW. 3	10	10	10	10	18.0	20
4	60.9	61.9	63.0	61.9	+ 2.2	59.8	63.0	NE. 3	NE. 2	SW. 1	NE. 2	10	7	9	9	9.0	15
5	61.7	61.8	61.1	61.5	+ 1.8	60.0	62.9	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	20.0	23
6	58.9	58.7	58.7	58.8	− 0.9	58.4	60.8	SW. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	15.5	23
7	58.0	58.3	59.5	58.6	− 1.1	58.0	59.8	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	6	0	10	5	1.6	4
8	60.7	60.4	61.0	60.7	+ 1.0	59.9	61.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	6	4	0	3	...	....
9	61.0	61.8	61.5	61.4	+ 1.7	61.0	61.9	SW. 1	SW. 1	SW. 3	SW 2	0	1	3	3	....	...
10	59.8	58.8	59.0	59.2	− 0.5	58.7	60.9	SW. 4	SW. 4	SW. 1	SW. 3	10	10	10	10	9.0	15
11	61.0	62.5	64.3	62.6	+ 2.9	60.1	65.1	NE. 1	SW 1	SW. 1	SW. 1	10	5	0	5	0.5	1
12	65.7	67.0	68.3	67.0	+ 7.3	65.2	68.3	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	2	1	10	4	0.2	....
13	68.3	68.1	67.7	68.0	+ 8.3	67.0	68.3	NE. 1	NE. 2	NE 2	NE. 2	10	5	0	5	....	....
14	66.5	66.6	66.0	66.4	+ 6.7	64.2	66.9	NE. 1	SW. 1	SW. 0	var.	0	0	0	0	....	....
15	63.6	63.4	62.1	63.0	+ 3.3	61.1	64.1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
16	59.6	59.0	58.4	59.0	− 0.7	58.0	61.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	0.7	1
17	57.2	57.2	56.2	56.9	− 2.9	54.8	57.9	NE. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	3	10	10	8	5.5	12
18	53.3	51.4	52.1	**52.3**	− **7.5**	**51.4**	54.7	SW. 3	SW. 1	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	24.6	35
19	52.7	55.7	57.5	55.3	− 1.5	52.5	57.6	SW. 2	NE. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	0	7	3.0	4
20	56.2	55.7	56.1	56.0	− 3.8	55.7	57.1	SW. 2	SW. 3	NE. 0	SW. 2	10	10	7	9	3.0	4
21	57.7	58.0	58.5	58.1	− 1.8	57.2	58.5	NE. 1	SW. 2	SW. 4	SW. 3	10	8	10	9	13.5	12
22	54.8	55.4	56.4	55.5	− 4.1	54.8	58.0	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	10.8	8
23	59.0	61.0	61.2	60.4	+ 0.5	57.6	61.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	5	10	8	**27.5**	**42**
24	59.8	60.8	64.7	61.8	+ 1.8	59.8	65.8	NE. 4	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	10	10	10	24.5	20
25	68.4	70.3	72.4	70.4	+10.4	65.9	72.8	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	5	0	5	...	....
26	73.2	74.1	74.5	**73.9**	**+13.8**	72.9	**74.5**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	2	0	1	...	....
27	72.9	72.3	71.3	72.2	+12.1	70.8	74.0	NE. 1	NE. 1	NE 0	NE. 1	7	3	1	4	...	....
28	69.1	68.5	68.1	68.6	+ 8.5	68.0	70.7	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	8	5	10	8	....	....
29	66.1	66.1	66.2	66.1	+ 5.9	65.1	67.2	NE 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	...	....
30	65.2	65.4	65.6	65.4	+ 5.2	65.2	66.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	0	0	1	..	...
31	63.4	62.1	59.4	61.6	+ 1.3	59.2	64.7	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	10	10	7	22.8	20
Mois	62.28	62.71	62.66	62.55	+ 2.84							6.8	6.2	6.2	6.4	227.7	278

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 2.4	− 0.4	− 3.4	− 2.1	+ 6.1	− 3.8	+ 1.3	81	78	98	86	67	100
2	− 5.6	− 1.0	− 3.2	− 3.3	+ 4.9	− 6.4	+ 1.6	93	28	71	64	23	96
3	− 4.4	− 4.0	− 7.6	− 5.3	+ 2.8	− 8.0	− 3.2	96	100	95	**97**	93	100
4	− 8.8	− 3.0	− 6.4	− 6.1	+ 2.0	− 9.4	− 2.1	91	88	69	83	55	93
5	− 4.4	− 2.4	− 4.2	− 3.7	+ 4.3	− 7.7	− 2.0	91	89	93	91	80	95
6	− 6.6	− 5.3	− 8.3	− 6.7	+ 1.2	− 9.0	− 4.2	91	80	83	85	72	95
7	− 11.2	− 6.4	− 9.8	− 9.1	− 1.3	− 12.9	− 5.3	65	65	91	74	60	92
8	− 12.4	− 6.8	− 10.3	− **9.8**	− 2.0	− **13.6**	− 5.7	86	43	43	57	28	90
9	− 9.6	− 5.2	− 8.5	− 7.8	− 0.1	− 11.0	− 4.3	31	40	88	53	26	92
10	− 7.6	− 6.3	− 7.8	− 7.2	+ 0.4	− 9.1	− 6.0	94	94	94	94	92	94
11	− 7.8	− 2.3	− 9.2	− 6.4	+ 1.2	− 9.6	− 1.2	94	95	96	90	80	96
12	− 10.6	− 2.6	− 7.4	− 6.9	+ 0.6	− 11.6	− 0.7	95	78	96	95	63	98
13	− 8.2	− 3.2	− 9.2	− 6.9	+ 0.5	− 10.1	− 2.0	96	67	89	84	52	98
14	− 9.5	− 1.2	− 6.8	− 5.8	+ 1.5	− 10.2	− 0.8	84	51	76	70	47	88
15	− 7.5	− 2.2	− 5.0	− 4.9	+ 2.3	− 9.0	− 1.0	56	58	64	59	44	70
16	− 6.8	− 5.8	− 10.0	− 7.5	− 0.4	− 10.4	− 5.4	95	95	96	95	68	98
17	− 10.2	− 5.9	− 6.6	− 7.6	− 0.6	− 11.0	− 5.6	51	80	98	76	35	99
18	− 7.3	− 6.4	− 6.3	− 6.7	+ 0.3	− 8.0	− 6.0	95	96	96	96	94	98
19	− 6.6	− 3.5	− 9.7	− 6.6	+ 0.3	− 10.0	− 2.4	96	82	63	80	60	97
20	− 8.8	− 6.6	− 13.2	− 9.5	− **2.7**	− 13.4	− 4.5	63	86	82	77	63	91
21	− 11.4	− 6.1	− 6.6	− 8.0	− 1.3	− 13.5	− 5.8	80	73	97	83	51	98
22	− 7.0	− 2.2	− 8.2	− 5.8	+ 0.8	− 8.9	− 1.0	96	75	94	88	62	98
23	− 10.3	− 4.3	− 6.0	− 6.9	− 0.4	− 11.0	− 4.1	91	83	92	90	66	95
24	− 3.8	− 3.2	− 4.4	− 3.8	+ 2.6	− 6.1	− 3.0	97	94	93	95	90	98
25	− 2.0	− 1.4	+ 1.0	− 0.8	+ 5.5	− 5.5	+ 1.5	96	93	74	88	72	97
26	+ 1.8	+ 8.6	2.4	+ **4.3**	+ **10.5**	+ 1.5	**9.8**	54	30	44	43	25	69
27	+ 2.0	7.6	+ 1.8	3.8	+ 9.8	+ 1.0	9.4	36	28	65	43	21	76
28	− 0.2	2.8	− 1.8	+ 0.3	+ 6.2	− 2.4	3.3	82	68	99	83	53	100
29	− 3.0	+ 0.9	− 1.2	− 2.1	+ 3.7	− 5.1	1.9	86	79	98	88	60	100
30	− 7.0	0.0	− 5.6	− 4.2	+ 1.5	− 7.9	+ 2.3	31	15	44	**30**	**13**	55
31	− 6.4	− 2.3	− 4.6	− 4.4	+ 1.2	− 7.0	− 1.6	33	42	100	58	28	100
Mois	− 6.57	− 2.58	− 6.10	− 5.08	+ 2.24	− 8.37	− 1.51	78	70	83	77		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	61.70	62.34	61.54	61.86	82	70	83	78
2e »	60.41	60.66	60.87	60.65	82	79	86	82
3e »	64.51	64.91	65.30	64.91	71	62	82	72
Mois	62.28	62.71	62.66	62.55	78	70	83	77

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 7.30	— 4.08	— 6.95	— 6.11	— 6.32
2e »	— 8.33	— 3.97	— 8.34	— 6.88	— 7.24
3e »	— 4.30	+ 0.04	— 3.29	— 2.52	— 2.71
Mois	— 6.57	— 2.58	— 6.10	— 5.08	— 5.34

Dans ce mois l'air a été calme 32 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{85}{75} = 1.13$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	118.2	87.3	87.7	227.7
Neige en centimètres....	—	13	58	278

OBSERVATIONS

FAITES PENDANT

L'ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 17 AVRIL 1912

A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

RÉSUMÉ PAR

Raoul GAUTIER

Directeur

(Avec les planches XVII, XVIII et XIX)

La ligne centrale de cette éclipse, qui a été annulaire à la limite de la totalité, passait à l'angle nord-ouest de la péninsule ibérique, traversait le golfe de Biscaye, puis la France, la Belgique, l'Allemagne et la Russie, pour finir en Sibérie. A Genève, elle n'était que partielle, mais plus importante que toutes les éclipses du XIXe et du XXe siècle, puisque la lune devait recouvrir les neuf dixièmes du diamètre du soleil.

Les constatations que l'on peut faire durant un semblable phénomène n'ont pas un intérêt de premier ordre. Mais elles peuvent être intéressantes si le temps est propice. Or le temps a été très beau le 17 avril à Genève, et surtout il a été très constant, très égal à lui-même pendant toute la durée de l'éclipse. Cela a donné d'autant plus de valeur aux observations dont le programme avait été établi par nous durant les jours précédents. Je me propose de passer ici en revue les principaux résultats obtenus, en m'attachant surtout aux observations des contacts, aux photographies prises et aux notations relatives aux changements de température, au vent, aux variations de l'insolation et aux mesures actinométriques.

Aux instruments ordinaires de l'observatoire sont venus

s'ajouter les télescopes et appareils photographiques appartenant à M. Schær, puis un photohéliographe de M. F. Le Coultre et un pose-mètre de Wynne appartenant à M. A. Jossa.

Contacts. Le premier contact n'a pu être observé que par MM. Gautier et Schaer; le dernier a été noté par un assez grand nombre d'observateurs. Voici les instants constatés, exprimés en temps moyen de l'Europe centrale. La lettre G indique le grossissement de l'instrument, la lettre I le diamètre de l'image obtenue par projection sur un écran blanc. Au personnel de l'observatoire s'étaient joints plusieurs étudiants de la faculté des sciences, puis nos collaborateurs habituels, MM. Charrey, Duaime, Le Coultre et Marmet.

Observateurs	Instruments	G ou I	Instant
	Premier contact		h m s
Gautier......	Equatorial de Gaumbey (10 cm.)...	I = 15 cm.	11 50 00
Schær.......	Cassegrain de 40 cm..............	G = 100	49 58
	Dernier contact		
Pidoux.......	Equatorial Plantamour (27 cm.) ...	G = 180	2 35 44
Schær.......	Cassegrain de 40 cm.......... ...	G = 100	34
Gautier......	Equatorial de Gambey (10 cm.)....	I = 15 cm.	45
Jéquier......	» » »	»	49
Duaime......	Chercheur de comètes (10 cm.)....	G = 20	33
LeCoultre....	Lunette de Ramsden (55 mm.)	G = 45	42
Rod...	Lunette Schær (8 cm.)............	I = 12 cm.	35
Lavanchy....	» » »	»	40

Le premier contact avait été calculé pour 11^h 49^m 50^s, le dernier pour 2^h 36^m 0^s; il y a donc eu, pour le premier, un retard de 8 à 10^s, et pour le dernier, une avance de 20^s en moyenne.

La grandeur de l'éclipse a été très près des neuf dixièmes annoncés.

La photosphère ne présentant pas la plus petite tache le 17 avril, il n'y a donc pas eu lieu de noter les contacts de taches avec le bord de la lune.

Montagnes de la lune. A diverses reprises, et spécialement au moment de la phase maximum, le bord de la lune était très nettement dentelé. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que, sur la ligne centrale, le phénomène des grains de chapelet de Baily ait pu être observé.

Photographies des phases de l'éclipse. Au moyen de la lunette photographique Schær, de 20 cm., fixée à l'équatorial Plantamour, M. Pidoux a pris plusieurs photographies du disque diminué du soleil. Les dimensions de l'image solaire sont agrandies de 13 à 50 mm. par l'adjonction d'une chambre supplémentaire de 50 cm. environ de longueur, munie d'une lentille négative à agrandissement taillée également par M. Schær.

La fig. 1 reproduit la photographie de la phase maximum prise à $1^h\ 12^m$ par M. Pidoux.



Fig. 1

M. Schær avait établi sur un des piliers situés sur la terrasse sud de l'observatoire un téléphote Schær de 10 cm., diaphragmé à 2 cm., et de 1 m. 20 de distance focale, au moyen duquel il obtenait, toutes les cinq minutes, une image du soleil sur une série de plaques, avec une pose de $^1/_{1000}$ de seconde.

La planche XVII reproduit toute la série d'images obtenues de $1^h\ 5^m$, jusqu'à un instant avant la fin du phénomène, à $2^h\ 35^m$, avec une seule lacune, à $1^h\ 55^m$.

Variations de la température. J'ai fait prendre, à intervalles réguliers, les températures aux thermomètres normaux à boule sèche et à boule mouillée, par M. F. Münch, notre observateur

météorologiste. Voici le tableau des températures notées par lui et les chiffres correspondants pour la fraction de saturation f :

Heure	Boule		f	Heure	Boule		f
	Sèche	Mouillée			Sèche	Mouillée	
h m	°	°		h m	°	°	
11 50	9,5	6,1	57	1 30	8,5	5,9	64
12 05	9,2	5,5	52	1 35	8,5	5,7	62
12 20	9,2	5,8	55	1 50	9,2	6,3	61
12 35	8,8	5,6	58	2 05	9,8	6,5	59
12 50	9,0	5,8	58	2 20	10,1	6,3	53
1 00	8,6	5,7	60	2 35	10,6	6,4	49
1 05	8,5	5,7	63	2 50	10,8	6,1	44
1 10	8,5	5,7	63	3 05	11,2	6,2	42
1 12,5	8,5	5,6	62	3 20	12,0	6,6	39
1 15	8,5	5,6	62	3 35	12,9	7,3	40
1 20	8,4	5,8	64	4 00	12,4	6,8	39
1 25	8,4	5,6	63	4 35	12,7	7,6	43

La température maximum, enregistrée au thermomètre à maximum, a été de 13°,8, probablement vers $3^h\ 45^m$.

La variation continue de la température ressort encore mieux de l'inspection du tracé du thermographe Richard, grand format, dont je donne une reproduction dans la fig. 2 [1].

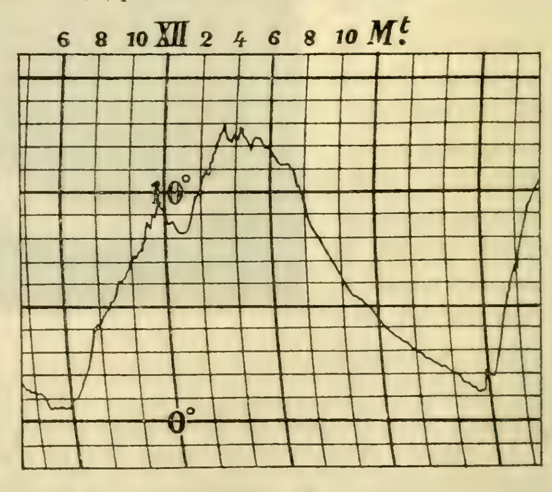


Fig. 2

Il en résulte clairement que l'abaissement de la température n'a que peu dépassé un

[1] Les heures du diagramme du thermographe sont celles du méridien de Genève. Elles retardaient, le 17 avril, d'environ 30 minutes sur le temps moyen de l'Europe centrale.

degré, si l'on compare les observations faites après la phase maximum à celles faites avant le début de l'éclipse. Mais si l'on tient compte de la température qu'il aurait fait à 1 h. ou 1 h. ½, s'il n'y avait pas eu d'éclipse, on constate que la diminution effective de la température, à ce moment-là, atteignait quatre degrés.

L'impression physiologique de froid a été assez marquée au moment de la phase maximum. Mais elle était due en partie à l'obscurité relative, et surtout à la forte diminution de l'insolation devant le bâtiment de l'observatoire exposé en plein midi.

Vent. Le vent a soufflé constamment du NNE le jour de l'éclipse. Autrement dit, il y avait une *bise* modérée. Il nous a bien semblé que la bise avait légèrement fraîchi, pendant un quart d'heure, au moment de la phase maximum ; mais cette augmentation est à peine sensible sur le tracé de l'anémographe Richard. La vitesse moyenne de la bise pendant la durée de l'éclipse était d'ailleurs de 10 km. à l'heure.

Nébulosité. Elle a été appréciée par le chiffre 1, depuis 10 h. du matin jusqu'à la fin de l'éclipse ; ensuite elle a été de 2 ; puis il y a eu passablement de nuages à la fin de l'après midi. Mais, durant tout le phénomène, la couverture du ciel était nulle aux environs du soleil. Il y avait, à la fin de la matinée, un léger hale autour du soleil, mais il s'est dissipé vers midi, et la transparence de l'air a été très constante à l'estimation visuelle directe.

Insolation. Les deux héliographes Campbell-Stokes, installés sur le toit de l'observatoire, ont donné les tracés qui sont reproduits sur la fig. 3. Le premier tracé, dû à notre ancien appareil moins sensible, accuse une cessation presque totale de l'insolation de 1 h. à 1 h. ½[1]. L'autre, plus sensible, marque seulement une atténuation très forte, mais sans cessation com-

[1] Il faut observer que les indications du temps sur les diagrammes correspondent au *temps vrai* du méridien à Genève. Pour les rapporter au temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 36^{m} aux heures portées sur les diagrammes. On trouve bien alors les indications fournies dans le texte.

plète, de la combustion du papier bleu au foyer de la sphère de l'appareil.

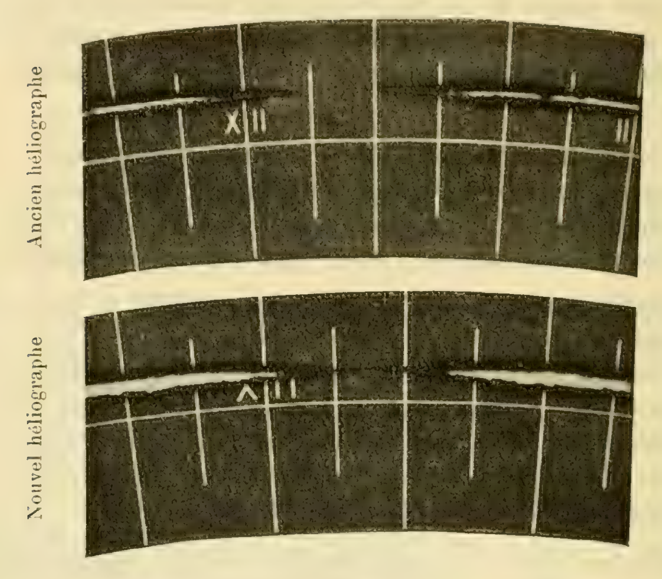


Fig. 3

Mesures photométriques et actinométriques

1° *Photographies de paysages.* Il a été fait à l'observatoire, par MM. G. Pidoux, Schær et Tcherniavsky, un certain nombre de photographies d'un même paysage à différentes phases de l'éclipse, avec des durées de pose égales et un développement semblable.

Nous reproduisons sur la pl. XVIII les vues, prises de la petite coupole de l'ouest par M. G. Pidoux, des tours de la cathédrale de Saint-Pierre et de la prison de Saint-Antoine, à l'ouest ; ce sont deux poses prises sur plaques orthochromatiques, avec l'appareil Sutter de l'observatoire, avant l'éclipse et au moment de la phase maximum.

Nous reproduisons aussi sur la planche XIX deux séries de vues prises aux mêmes moments, avant l'éclipse et à la phase maximum. Ce sont : 1° à droite, la vue du phare de l'extrémité de la jetée ouest à l'entrée du port ; cette vue a été prise par

M. Schær, au nord, sur plaques Chromo-Isolar, au moyen d'un Cassegrain de 21 cm. disposé spécialement pour la photographie de paysages lointains : 2° à gauche, une fraction de vue du bâtiment de gymnastique situé au-dessous de l'observatoire, au nord, prise par M. Tcherniavsky avec un kodak à films de 8,5 × 11,5 [1].

2° *Photohéliographe zénital de M. F. Le Coultre.* « Cet appareil est construit sur un principe déjà utilisé par M. Pickering et d'autres, et consiste à impressionner par poses d'égale durée une surface sensible qu'on diminue par petites parties.

« L'appareil est constitué par une chambre obscure qui contient un cylindre tournant, sur lequel est enroulé une bande de papier sensible au ferro-prussiate parcheminé. Cette bande passe en se déroulant devant un œil de chat rectangulaire fixé à l'extrémité d'un tube horizontal, puis revient dans la chambre noire s'enrouler autour d'un second cylindre superposé au premier.

« La lumière dont on veut déterminer les variations d'éclat, dans l'espèce la lumière du ciel au zénith, est réfléchie dans le tube horizontal collecteur au moyen d'un miroir plan incliné à 45° et placé à une faible distance.

« Installé sur la terrasse située au nord du bâtiment de l'observatoire, cet appareil a fonctionné régulièrement du commencement à la fin de l'éclipse. Les poses avaient une durée constante de 120 secondes et se succédaient de 5 en 5 minutes.

« Un examen sommaire de la bande photométrique montre très nettement les variations d'éclat du ciel au zénith, durant les diverses phases de l'éclipse. Mais la succession des tonalités est loin d'être régulière, et l'on y remarque des changements brusques évidents.

« Une série d'expériences faites ultérieurement permettent à M. Le Coultre d'affirmer que ces variations ne sont pas dues

[1] Dans les photographies de MM. G. Pidoux et Tcherniavsky, les bâtiments ressortent sur le fond du ciel bleu. Sur les photographies prises par M. Schær, le phare et le bateau ressortent sur le fond légèrement agité du lac, bleu également. Partout, à la phase maximum, seuls les objets très blancs ont fortement influencé les plaques.

à des causes accidentelles, mais sont bien la traduction fidèle des faits observés.

« Pour les rendre plus apparents, M. Le Coultre a dessiné le graphique reproduit plus loin. Il a procédé pour cela à une série d'expériences de la façon suivante : Il a placé son photomètre à 1 m. 50 d'une lampe à arc, de 10 ampères et de 240 volts, et, par une série de poses appropriées, il a établi une gamme de 10 tons dégradés, dont le premier égale en intensité la tonalité enregistrée le 17 avril à $11^h\ 45^m$, et le dixième celle enregistrée au moment de l'obscurité maximum. Les tonalités intermédiaires se succèdent dans l'intervalle, constituant une échelle de comparaison.

« Il devient alors possible de donner numériquement et graphiquement un tableau des tonalités enregistrées pendant l'éclipse. Cette méthode laisse, il est vrai, un peu trop de place à l'approximation pour que l'on puisse être très affirmatif sur la grandeur des écarts des variations. Mais les variations elles-mêmes semblent cependant bien établies. »

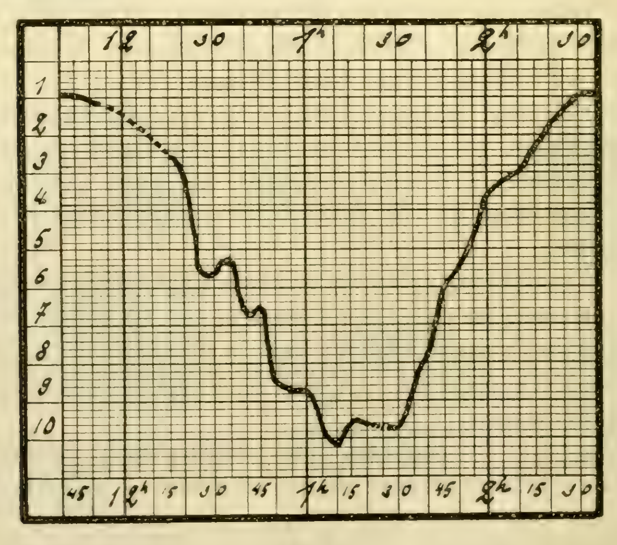


Fig. 4

Nous reproduisons dans la fig. 4 la courbe donnée par M. Le Coultre, courbe plus régulière pendant la période ascen-

dante d'éclat, après le maximum, que durant la période descendante d'éclat avant la phase maximum.

3° *Mesures photométriques avec le « pose-mètre infaillible de Wynne », par MM. A. Jossa et A. Tcherniavsky.* « Ces messieurs ont utilisé le « pose-mètre » à l'appréciation des variations de l'intensité de la lumière solaire. Ils ont placé leur appareil contre la façade méridionale de l'observatoire et ont mesuré le temps que le papier sensible contenu dans la boîte employait pour prendre la même teinte que les deux bandelettes de papier coloré qui bordent la fenêtre par laquelle la lumière vient influencer le dit papier sensible. L'exposition au soleil était, à chaque observation, arrêtée au moment précis où l'égalité des teintes était exactement obtenue.

« Cette opération a été répétée 36 fois durant l'éclipse, mais malheureusement pas à intervalles réguliers. Les observations n'ont été régulières qu'au moment de la phase maximum et vers la fin de la période d'insensité croissante ultérieure. »

Il nous semble intéressant de reproduire les chiffres ainsi obtenus, l'appareil très simple et très portatif de Wynne pouvant être recommandé dans ce but, lors de circonstances analogues futures. Les temps d'exposition sont naturellement d'autant plus longs que l'obscurité était plus intense.

Instant	Durée	Instant	Durée	Instant	Durée
h m	m s	h m	s	h m	s
12 15	11,2	1 47	35	2 12	25
		49	34	13	23
1 06	1 40	51	31	15	21
12	1 39	53	31	16	19
17	1 39	55	28	17	20
20	1 43	57	28	18	19
30	1 17	59	24	19	20
37	51,5	2 01	23	24	19
39	47,5	04	24	31	17
41	49	06	21	32	18
43	43	08	22	33	18,5
45	44	10	20	35	17,5

« La durée maximum nécessaire pour l'égalisation des teintes ne correspond pas au moment exact de la phase maximum

($1^h\ 12^m,5$), mais est un peu postérieure ($1^h\ 20^m$). On peut attribuer ce retard au fait que la température, elle aussi, a encore baissé un peu après la phase maximum. Il peut y avoir eu à ce moment-là une condensation un peu plus forte de vapeur d'eau rendant l'air moins diathermane. Ce qui est réel, ce sont les fluctuations de transparence de l'atmosphère, malgré l'apparente constance de la clarté visuelle. »

Notons encore que le ciel et les objets terrestres ont, aux environs de la phase maximum, pris la teinte grise, cendrée, bien connue de ceux qui ont pu observer des éclipses totales et qui se réalise avant et après la totalité. Cette teinte contraste sensiblement avec les teintes que l'on constate au crépuscule, soit au jour naissant, soit au jour baissant.

Faisons enfin deux constatations négatives :

1° Vénus n'a pas été visible à l'œil nu, même au moment de la phase maximum et quoique M. Pidoux eût exactement repéré sa position au chercheur de l'équatorial Plantamour.

2° Les animaux n'ont pas paru influencés sérieusement par la diminution de clarté du jour. Les oiseaux familiers voletaient un peu, comme le soir, mais ils n'ont pas été nicher.

CRITIQUE ET DÉVELOPPEMENTS

relatifs au mémoire de M. Richard Birkeland intitulé

MOUVEMENT D'UNE PARTICULE ÉLECTRISÉE

DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

PAR

Carl STÖRMER

---

1. Dans les cahiers de janvier et février de cette année, M. *Richard Birkeland*[1] a publié une série de résultats sur le mouvement d'une particule électrisée dans un champ magnétique. Malheureusement, la plupart de ses résultats sont erronés comme résultant d'un théorème faux. Comme ses résultats semblent contredire ceux auxquels je suis arrivé dans mon mémoire de 1907 et même rendre superflu l'énorme travail d'intégration numérique, je trouve nécessaire de constater son erreur.

Le théorème qui a conduit M. R. Birkeland à ses résultats erronés consiste en une généralisation fausse d'une propriété de la trajectoire dans le cas où le champ magnétique est dû à un seul pôle ; il dit en effet (p. 40) :

« *Les tangentes aux lignes de force sur la surface-trajectoire (la surface formée des lignes de force passant par la trajectoire) forment au point M (au pôle magnétique M) un cône de révolution de sommet M. Autrement dit : un cône de révolution de sommet M est tangent au point M à la surface-trajectoire.* »

Que cela soit faux déjà dans le cas simple de deux pôles égaux et opposés est facile à voir : Il suffit de reproduire, en

[1] Ne pas confondre avec le professeur *Kr. Birkeland.*

les précisant davantage, les considérations théoriques que M. *Villard*[1] a données pour expliquer ses expériences remarquables :

Soient S et N les deux pôles magnétiques situés sur l'axe des z avec l'origine au milieu, de manière que les composants x, y, z, parallèles des axes en un point (x, y, z), aient les valeurs :

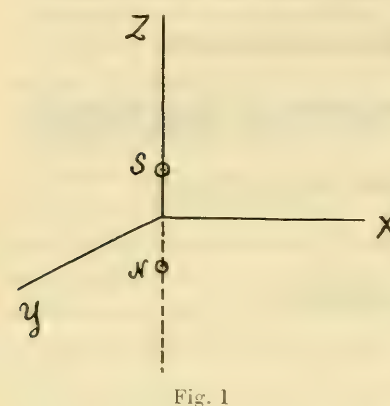


Fig. 1

$$X = -\frac{\mu x}{r_1^3} + \frac{\mu x}{r_2^3}$$

$$Y = -\frac{\mu y}{r_1^3} + \frac{\mu y}{r_2^3}$$

$$Z = -\mu\frac{z-\lambda}{r_1^3} + \mu\frac{z+\lambda}{r_2^3}$$

2λ étant leur distance mutuelle et μ une constante positive, et où

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + (z-\lambda)^2$$
$$r_2^2 = x^2 + y^2 + (z+\lambda)^2$$

Pour un point dans le plan des xy on aura donc

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad Z = \frac{2\lambda\mu}{\left|\sqrt{R^2 + \lambda^2}\right|^3}$$

$R = \sqrt{x^2 + y^2}$ étant la distance du point à l'origine.

Cela posé, considérons une trajectoire située tout entière dans le plan des xy ; l'existence d'une telle trajectoire découle immédiatement du fait que la force magnétique reste toujours normale à ce plan[2]. En appelant ρ le rayon de courbure, on a

$$H_0\rho_0 = \frac{m}{e}v = Z\rho \sin 90°$$

[1] Voir les *Comptes Rendus*, Paris, 11 juin et 9 juillet 1906.

[2] Voir, par exemple, mon mémoire : On the trajectoires of electric corpuscles in space under the influence of terrestrial magnetism, etc. *Archiv for mathematik og naturvidenskab*, t. XXVIII, nº 2, p. 46. Dans ce mémoire, j'avais dit que l'intégration des équations différentielles des trajectoires dans le plan des xy pouvait être effectuée par des intégrales *Abéliennes*. Plus tard, j'ai constaté que l'intégration peut même se faire

$H_0\rho_0 = \frac{m}{e} v$ étant le produit caractéristique pour le corpuscule en question, d'où

$$\varrho = \frac{mv}{2e\lambda\mu} \left(\sqrt{R^2 + \lambda^2}\right)^3 \qquad \text{I}$$

Cela posé, soit M un point du plan des xy différent de l'origine. On peut choisir la constante μ si grande par rapport aux autres constantes que la trajectoire passant par M aura sa première boucle au voisinage de ce point. Parce que le rayon de courbure aux points N′ les plus approchés de l'axe des Z est moindre que le rayon de courbure aux points M′ les plus éloignés, on obtient alors, comme l'a remarqué déjà M. *Villard*, une courbe T comme sur la figure, ayant une série de points doubles et composée de parties identiques.

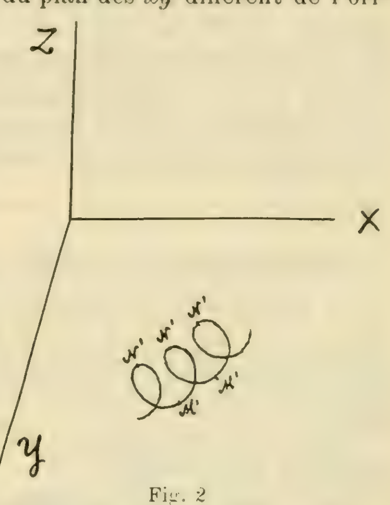


Fig. 2

D'autre part, aux environs de cette trajectoire, le potentiel magnétique est fonction continue de x, y, z, et par conséquent il existe[1] *dans l'espace* des trajectoires T′ qui en diffèrent aussi peu que l'on veut le long de deux boucles, par exemple.

Mais on comprend tout de suite que la surface appelée par M. R. Birkeland surface-trajectoire, et qui est obtenue en faisant passer une ligne de force par chaque point d'une pareille

par des *intégrales elliptiques.* On le voit en appliquant les formules qu'on trouve à la page 366 dans : *Uebungsbuch zum Studium der höheren Analysis*, zweiter Theil 1882, de M. Dr. *Oscar Schlömilch*, et en prenant ensuite $\frac{1}{\sqrt{R^2 + \lambda^2}}$ comme nouvelle variable au lieu de R.

[1] Comparez, par exemple, les théorèmes classiques sur la continuité des intégrales des équations différentielles (Picard, *Traité d'Analyse*, III, 2e édition, chapitre VIII).

trajectoire T', ne peut pas avoir la propriété prétendue par M. R. Birkeland, à savoir d'être tangente à un *cône de révolution* au pôle S, et cela précisément à cause des *lignes doubles* que cette surface aura au voisinage des lignes de force passant par les points doubles de la trajectoire T.

L'exemple ci-dessus suffit pour montrer l'inexactitude du théorème de M. R. Birkeland ; il y en a cependant quantité d'autres, par exemple le cas des spirales remarquables étudiées par M. Villard, et le cas des trajectoires périodiques et asymptotiques[1] situées au voisinage des trajectoires circulaires correspondant à $\rho = R$ dans le plan $z = o$.

2. L'inexactitude du théorème constatée, il s'agit de savoir où est la faute dans la déduction ; on la trouve dans la supposition *que la surface de lignes de force passant par une trajectoire donnée contient aussi des trajectoires aussi près de l'un des pôles que l'on veut.*

Cela n'est point démontré ; on le reconnaît en précisant la déduction des § 2, 3 et 4.

Soit en effet T une trajectoire donnée, et soit S la surface obtenue en faisant passer par chaque point de T une ligne de force.

Le long de T, les coordonnées x, y, z, considérées comme fonctions de l'arc s, vérifient les équations (1) et (2) du mémoire de M. R. Birkeland, C étant une valeur caractéristique pour la trajectoire T choisie.

Ensuite, l'équation de la surface S sera comme le dit M. Birkeland :

$$- k \sum \mu \frac{z - c}{r} + C = \Delta \left(\frac{y}{x}\right)$$

où $\Delta \left(\frac{y}{x}\right)$ est une fonction *définie par la trajectoire choisie.*

[1] Voir, par exemple, mon mémoire : Sur une classe de trajectoires remarquables dans le mouvement d'un corpuscule électrique dans le champ d'un aimant élémentaire, *Archiv for math og naturv*, t. XXXI, Christiania 1911.

Les équations (5) qui, développées, s'écrivent

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d^2x}{ds^2} &= \frac{1}{R^2}\left(k\sum\mu\frac{z-c}{r} - C\right)\left(kxZ + \Delta'\left(\frac{y}{x}\right)\cdot\frac{y}{x^2}\right)\\
\frac{d^2y}{ds^2} &= \frac{1}{R^2}\left(k\sum\mu\frac{z-c}{r} - C\right)\left(kyZ - \Delta'\left(\frac{y}{z}\right)\cdot\frac{1}{x}\right)\\
\frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{1}{R^2}\left(k\sum\mu\frac{z-c}{r} - C\right)\left(-kR^2\Sigma\frac{\mu}{r^3}\right)
\end{aligned}\right\}\quad(5)$$

disent seulement le fait évident que la trajectoire T est ligne géodésique sur sa surface S correspondante.

Mais M. Birkeland n'a pas démontré du tout que la surface S contient aussi une trajectoire T′, différente de la trajectoire T : en effet, il fallait alors démontrer que cette trajectoire T′ donne lieu précisément à la même fonction $\Delta\left(\frac{y}{x}\right)$ que la trajectoire T, propriété non évidente à priori.

3. La même confusion est répétée aux § 5, 6 et 12, où M. Birkeland a supposé sans démonstration que les deux trajectoires obtenues en choisissant les signes + et — sont des lignes géodésiques sur *la même* surface. *Par conséquent son résultat que* $\theta_1 + \theta_2 = \pi$ *sera faux en général.* Nous allons le faire voir directement en considérant le cas *d'un champ magnétique général :*

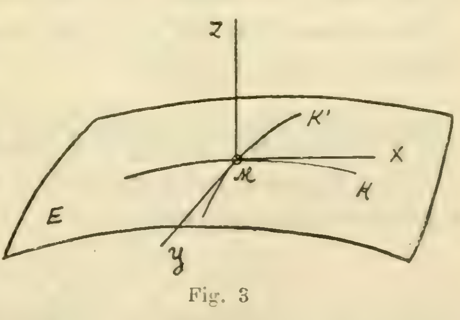


Fig. 3

Soit M un point du champ magnétique en dehors des masses magnétiques, et soit E la surface équipotentielle passant par M. Plaçons un système de coordonnées cartésiennes avec l'origine en M, les axes des x et des y tangentes en M aux lignes de courbure K et K′ de la surface E, et l'axe des z dirigé dans la direction de la force magnétique.

Comme on le sait[1], le potentiel V sera au point M une fonc-

[1] Voir, par exemple, Poincaré : *Théorie du potentiel newtonien,* § 24.

tion analytique régulière de x, y et z, de manière que l'on aura

$$V = V_0 + ax + by + cz + Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fxz + \varepsilon_3$$

où ε_3 désigne les termes du troisième ordre et de l'ordre plus grand, et où V_0, a, b, c..., E et F sont des constantes.

Or, d'après le choix de l'axe des z on a au point M

$$\frac{\partial V}{\partial x} = o, \qquad \frac{\partial V}{\partial y} = o$$

c'est-à-dire

$$a = o, \qquad b = o$$

Nous supposons $c > O$, c'est-à-dire, nous supposons *la force magnétique différente de zéro au point M.* L'équation se réduit alors à

$$V = V_0 + cz + Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fxz + \varepsilon_3$$

L'équation de la surface E sera $V = V_0$, c'est-à-dire

$$cz + Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fxz + \varepsilon_3 = o$$

Si x et y sont ici des infiniment petits du premier ordre, z sera du second ordre et en résolvant l'équation par rapport à z il viendra

$$z = -\frac{A}{c}x^2 - \frac{B}{c}y^2 - 2\frac{D}{c}xy - \dots$$

où les termes omis sont du troisième ordre au moins.

Mais comme l'axe des x et l'axe des y sont tangents aux lignes de courbure on aura :

$$D = o$$

Donc on aura pour le potentiel V aux environs du point M

$$V = V_0 + cz + Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Eyz + 2Fxz + \dots$$

et pour la surface équipotentielle E :

$$Z = -\frac{A}{c}x^2 - \frac{B}{c}y^2 + \dots$$

Cela posé, considérons une trajectoire T d'un corpuscule électrisé, passant par M ; elle sera définie par les équations différentielles

$$x'' = k\left(\frac{\partial V}{\partial y}z' - \frac{\partial V}{\partial z}y'\right)$$

$$y'' = k\left(\frac{\partial V}{\partial z}x' - \frac{\partial V}{\partial x}z'\right)$$

$$z'' = k\left(\frac{\partial V}{\partial x}y' - \frac{\partial V}{\partial y}x'\right)$$

où

$$x' = \frac{dx}{ds}, \quad x'' = \frac{d^2x}{ds^2} \text{ etc.}$$

et où

$$k = \frac{e}{mv} = \frac{1}{H_0\varrho_0}$$

est une constante caractéristique pour le corpuscule.

Soit MM′ la tangente au point M à la trajectoire dans le sens des s croissants, et soit MM″ sa projection sur le plan des xy. Ensuite, soit θ l'angle ZMM′ et φ l'angle XMM″ (voir fig. 4). Supposons θ différent de o et de π. Soit enfin $s = o$ au point M.

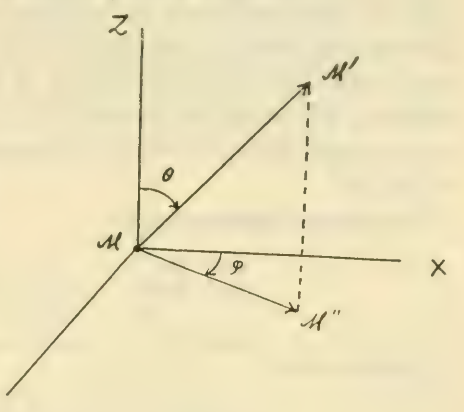


Fig. 4

La trajectoire en question répond alors aux conditions initiales, pour $s = o$:

$$\begin{array}{ll} x = o & x' = x'_0 = \sin\theta \cos\varphi \\ y = o & y' = y'_0 = \sin\theta \sin\varphi \\ z = o & z' = z'_0 = \cos\theta \end{array}$$

et comme les seconds membres des équations différentielles sont des fonctions régulières de x, y, z, x', z', z', aux environs de ces valeurs, on aura le long de la trajectoire les développements

$$x = x'_0 s + \frac{x_0''}{1\ 2} s^2 + \frac{x_0'''}{1.2.3} s^3 + \dots$$

$$y = y'_0 s + \frac{y_0}{1.2} s^2 + \frac{y_0'''}{1.2.3} s^3 + \dots$$

$$z = z'_0 s + \frac{z_0''}{1.2} s^2 + \frac{z_0'''}{1.2.3} s^3 + \dots$$

convergents pour s assez petit en valeur absolue. Les coefficients $x''_0, x'''_0, y''_0, y_0''', \dots$ etc. peuvent être trouvés directement par les équations différentielles. On aura par exemple pour $s = o$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = o, \qquad \frac{\partial V}{\partial y} = o, \qquad \frac{\partial V}{\partial z} = c$$

donc

$$x''_0 = -kcy'_0 = -kc \sin\theta \sin\varphi$$
$$y''_0 = kcx'_0 = kc \sin\theta \cos\varphi$$
$$z''_0 = o$$

Cela posé, cherchons l'équation de *la surface S obtenue en faisant passer par la trajectoire T des lignes de force.*

A cet effet, choisissons un nouveau système de coordonnées cartésiennes obtenu en prenant : comme axe des ξ la direction MZ, comme axe des η la direction MM″, comme axe des ζ la direction MN où MN est normal à MZ et à MM″ et où l'orientation des axes MZ, MM″ et MN est comme celle des axes MX, MY et MZ.

Les cosinus directeurs sont :

pour MZ : 0, 0, 1
pour MM″ : $\cos\varphi$, $\sin\varphi$, 0

et

pour MN : $-\sin\varphi$, $\cos\varphi$, 0

Donc on aura :

$$x = \eta \cos\varphi - \zeta \sin\varphi$$
$$y = \eta \sin\varphi + \zeta \cos\varphi$$
$$z = \xi$$

d'où vice-versa :

$$\xi = z$$
$$\eta = x \cos\varphi + y \sin\varphi$$
$$\zeta = -x \sin\varphi + y \cos\varphi$$

Donc

$$V = V_0 + c\xi + A'\xi^2 + B'\eta^2 + C'\zeta^2 + 2D'\xi\eta + 2E'\eta\zeta + 2F'\zeta\xi + \dots$$

où

$$A' = C$$
$$B' = A \cos^2\varphi + B \sin^2\varphi$$
$$C' = A \sin^2\varphi + B \cos^2\varphi$$
$$D' = E \sin\varphi + F \cos\varphi$$
$$E' = -(A - B) \sin\varphi \cos\varphi$$
$$F' = E \cos\varphi - F \sin\varphi$$

Ensuite le long de la trajectoire T on aura

$$\xi = s \cos\theta + \dots$$
$$\eta = s \sin\theta + \dots$$
$$\zeta = \frac{1}{2} s^2 kc \sin\theta + \dots$$

où les termes omis sont du troisième ordre au moins.

Soit $U = o$ l'équation de la surface S. La fonction U sera une intégrale de l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial V}{\partial \xi}\frac{\partial U}{\partial \xi} + \frac{\partial V}{\partial \eta}\frac{\partial U}{\partial \eta} + \frac{\partial V}{\partial \zeta}\frac{\partial U}{\partial \zeta} = o$$

exprimant que la surface S coupe orthogonalement les surfaces équipotentielles V = *constante*; de plus, on doit avoir une identité en substituant dans l'équation $U = o$ au lieu de ξ, η et ζ leurs développements en série d'après les puissances de s.

Comme l'axe des ζ est normal à la surface, on peut écrire[1]

$$U = \zeta + L\xi^2 + M\eta^2 + N\zeta^2 + 2P\xi\eta + 2Q\eta\zeta + 2R\zeta\xi + \ldots$$

ce qui donne d'abord :

$$(c + \ldots)(2L\xi + 2P\eta + 2R\zeta) + \ldots + (2F'\xi + 2E'\eta + 2C'\zeta)(1 + \ldots) = o$$

d'où

$$cL = -F'$$
$$cP = -E'$$
$$cR = -C'$$

donc

$$L = -\frac{E}{c}\cos\varphi + \frac{F}{c}\sin\varphi$$

$$P = \frac{A - B}{c}\sin\varphi\cos\varphi$$

$$R = -\frac{A}{c}\sin^2\varphi - \frac{B}{c}\cos^2\varphi$$

Ensuite, en substituant les séries en s on trouve :

$$\frac{1}{2}s^2kc\sin\theta + Ls^2\cos^2\theta + Ms^2\sin^2\theta + 2Ps^2\sin\theta\cos\theta + \ldots = o$$

d'où

$$\frac{1}{2}kc\sin\theta + L\cos^2\theta + M\sin^2\theta + 2P\sin\theta\cos\theta = o$$

ce qui donne, θ étant supposé différent de o et de π :

$$M = -\frac{kc}{2\sin\theta} + \frac{B - A}{c}\sin 2\varphi\,\mathrm{cotg}\,\theta + \left(\frac{E}{c}\cos\varphi - \frac{F}{c}\sin\varphi\right)\mathrm{cotg}^2\theta$$

En résolvant l'équation $U = o$ par rapport à ζ on aura donc pour l'équation de la surface S :

$$\zeta = -L\xi^2 - M\eta^2 - 2P\xi\eta + \ldots \qquad \text{II}$$

[1] Quant aux théorèmes d'existence, etc., voir Goursat : *Cours d'Analyse,* t. II.

où L, M et P, qui définissent l'indicatrice de la surface S au point M, sont donnés par les formules que nous venons de trouver.

Cela posé, voyons quelle sera la conséquence de la relation de M. Birkeland

$$\theta_1 + \theta_2 = \pi$$

Cela veut dire que sur la surface S sera située, outre la trajectoire T correspondant à l'angle θ, encore la trajectoire T′ correspondant à l'angle $\pi - \theta$. Les valeurs de L, M et P tirées de cette dernière trajectoire doivent donc être les mêmes que celles tirées de la trajectoire T. Or, en remplaçant θ par $\pi-\theta$, M sera changé en

$$-\frac{kc}{2\sin\theta} - \frac{B-A}{c}\sin 2\varphi \operatorname{cotg}\theta + \left(\frac{E}{c}\cos\varphi - \frac{F}{c}\sin\varphi\right)\operatorname{cotg}^2\theta$$

ce que qui sera égal à l'ancienne valeur seulement quand

$$(B-A)\sin 2\varphi \operatorname{cotg}\theta = o$$

Donc, pour que le théorème de M. R. Birkeland soit vrai en général, il faut que A = B partout sur les surfaces équipotentielles; celles-ci seront donc des surfaces dont tous les points sont des ombilics et *se réduisent donc à des sphères.*

Donc la relation $\theta_1 + \theta_2 = \pi$ est fausse dans le cas général indiqué par M. R. Birkeland, c. q. f. d.

4. Comme la relation (17), dans le mémoire de M. R. Birkeland est déduite d'un théorème faux, elle sera fausse aussi. Nous allons le voir directement, dans le cas de deux pôles égaux et opposés.

On a alors (la relation 19 chez M. Birkeland) :

$$-\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} + \gamma - 1 = \frac{(\gamma^2-1)\sqrt{(\alpha x+\beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}{\alpha x + \beta y + \gamma\sqrt{(\alpha x+\beta y)^2 - R^2(1-\gamma^2)}}$$

avec les 3 constantes arbitraires α, β, γ, où

$$r_1 = \sqrt{R^2 + (z-\lambda)^2}$$
$$r_2 = \sqrt{R^2 + (z+\lambda)^2}$$

Posons ici

$$x = R\cos\varphi, \qquad \alpha = +A\sin\varphi_0$$
$$y = R\sin\varphi, \qquad \beta = \quad A\cos\varphi_0$$
$$-\frac{z-\lambda}{r_1} + \frac{z+\lambda}{r_2} - 1 = \Omega$$

Alors la relation plus haut peut être écrite de la manière très simple

$$A^2 \sin^2 (\varphi - \varphi_0) = \frac{(\gamma \Omega + 1)^2}{1 - \Omega^2} \qquad \text{III}$$

On a la même relation dans le cas d'un seul pôle situé à l'origine ; mais alors $\Omega = -\frac{z}{r}$. Ensuite, pour la constante C chez M. Birkeland, on a

$$C = k\mu(1 - \gamma)$$

de manière que sa fonction ψ aura la valeur

$$\psi = - k\mu(\Omega + \gamma)$$

et l'on a[1]

$$\left.\begin{aligned} R'' &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q}{\partial R} \\ z'' &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q}{\partial z} \end{aligned}\right\} \qquad \text{IV}$$

$$R'^2 + z'^2 = Q$$

avec

$$\varphi' = - \frac{k\mu(\Omega + \gamma)}{R^2} \qquad \text{V}$$

où $R', R'', \ldots$ désignent les dérivées par rapport à s et où

$$Q = 1 - \frac{k^2\mu^2(\Omega + \gamma)^2}{R^2} \qquad \text{VI}$$

Cela posé, différentions la relation III par rapport à s. Cela donne

$$A^2 \sin (\varphi - \varphi_0) \cos (\varphi - \varphi_0)\, \varphi' = \frac{(\gamma\Omega + 1)(\Omega + \gamma)}{(1 - \Omega^2)^2}\, \Omega'$$

d'où en élevant au carré et en substituant les valeurs de $\sin^2 (\varphi - \varphi_0)$ et de φ'

$$A^2 \cos^2 (\varphi - \varphi_0) = \frac{R^4\Omega'^2}{k^2\mu^2(1 - \Omega^2)^3} \qquad \text{VII}$$

En ajoutant cela à la relation III, on trouve

$$\frac{(\gamma\Omega + 1)^2}{1 - \Omega^2} + \frac{R^4\Omega'^2}{k^2\mu^2(1 - \Omega^2)^3} = A^2 \qquad \text{VIII}$$

ce qui constitue une intégrale première[2] du système IV.

[1] Voir, par exemple, mon mémoire dans les *Archives* du mois d'octobre 1911.

[2] Remarquons en passant que si cette relation était vraie on pourrait *effectuer l'intégration complète par des quadratures* (conf. mon mémoire de Genève en 1907) et non seulement la réduire à l'intégration de trois équations différentielles du premier ordre, comme le dit M. R. Birkeland.

Pour éliminer A, différentions de nouveau, ce qui donne

$$\Omega' \left(k^2\mu^2(\gamma\Omega + 1)(\Omega + \gamma)(1 - \Omega^2)^2 + 2R^3(1 - \Omega^2)R'\Omega' + 3R^4\Omega\Omega'^2 + R^4(1 - \Omega^2)\Omega''\right) = o$$

Or, Ω' n'est pas nul en général ; il faut donc que la parenthèse soit nulle. Maintenant

$$\Omega' = \frac{\partial \Omega}{\partial R} R' + \frac{\partial \Omega}{\partial z} z'$$

et

$$\Omega'' = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} R'^2 + 2 \frac{\partial^2 \Omega}{\partial R \partial z} R'z' + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} z'^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \Omega}{\partial R}\frac{\partial Q}{\partial R} + \frac{\partial \Omega}{\partial z}\frac{\partial Q}{\partial z}\right)$$

en vertu du système IV ; ensuite

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial \Omega}{\partial R}\frac{\partial Q}{\partial R} + \frac{\partial \Omega}{\partial z}\frac{\partial Q}{\partial z}\right) = k^2\mu^2\left[\frac{(\Omega + \gamma)^2}{R^3}\frac{\partial \Omega}{\partial R} - \frac{\Omega + \gamma}{R^2}\left(\left(\frac{\partial \Omega}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial z}\right)^2\right)\right]$$

Donc il vient

$$LR'^2 + MR'z' + Nz'^2 = P \qquad \text{IX}$$

où

$$L = 2R^3(1 - \Omega^2)\frac{\partial \Omega}{\partial R} + 3R^4\Omega\left(\frac{\partial \Omega}{\partial R}\right)^2 + R^4(1 - \Omega^2)\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2}$$

$$M = 2R^3(1 - \Omega^2)\frac{\partial \Omega}{\partial z} + 6R^4\Omega\frac{\partial \Omega}{\partial R}\frac{\partial \Omega}{\partial z} + 2R^4(1 - \Omega)^2\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R \partial z}$$

$$N = 3R^4\Omega\left(\frac{\partial \Omega}{\partial z}\right)^2 + R^4(1 - \Omega^2)\frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2}$$

$$P = k^2\mu^2(\gamma\Omega + 1)(\Omega + \gamma)(1 - \Omega^2)^2 + k^2\mu^2R^4(1 - \Omega^2)\left[\frac{(\Omega + \gamma)^2}{R^3}\frac{\partial \Omega}{\partial R} - \frac{\Omega + \gamma}{R^2}\left(\left(\frac{\partial \Omega}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial z}\right)^2\right)\right]$$

Cela posé, la relation IX doit être une conséquence de la relation

$$R'^2 + z'^2 = Q$$

En effet, dans le cas contraire on pourrait en tirer R′ et z' comme fonctions de R et de z, ce qui donnerait en chaque point un *nombre fini* de valeurs de $\frac{dz}{dR}$ contre la généralité du système IV. Donc il faut que

$$L = N$$
$$M = 0$$

et

$$P = NQ$$

identiquement. Or, dans la dernière équation on a

$$NQ = N\left[1 - k^2\mu^2\frac{(\Omega + \gamma)^2}{R^2}\right]$$

et comme N ne contient pas $k^2\mu^2$ en facteur, l'équation ne sera satisfaite que si N = 0 et P = 0 ; donc, enfin, il faut qu'on ait identiquement

$$\left.\begin{array}{l} L = o \\ M = o \\ N = o \\ P = o \end{array}\right\} \qquad X$$

Il est facile de voir que *cette condition est remplie dans le cas d'un seul pôle* ; on aura en effet, dans ce cas :

$$\Omega = -\frac{z}{r}$$

d'où

$$\frac{\partial \Omega}{\partial R} = \frac{Rz}{r^3}, \qquad \frac{\partial \Omega}{\partial z} = -\frac{R^2}{r^3}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} = \frac{z}{r^3} - \frac{3R^2 z}{r^5}, \quad \frac{\partial^2 \Omega}{\partial R \partial z} = -\frac{2R}{r^3} + \frac{3R^3}{r^5}, \quad \frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} = \frac{3R^2 z}{r^5}$$

Posons pour abréger

$$R = cr, \quad z = sr$$

c et s étant cos ψ et sin ψ respectivement ; cela donne

$$\Omega = -s$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial R} = \frac{cs}{r}, \qquad \frac{\partial \Omega}{\partial z} = -\frac{c^2}{r}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} = \frac{-2s + 3s^3}{r^2}, \quad \frac{\partial R \Omega}{\partial^2 \Omega} = \frac{c(1 - 3s^2)}{r^2}, \quad \frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} = \frac{3s - 3s^3}{r^2}$$

Cela donne :

$$\begin{array}{l} L = c^6 r^2[2s - 3s^3 - 2s + 3s^3] = o \\ M = c^7 r^2[- 2 + 6s^2 + 2 - 6s^2] = o \\ N = c^6 r^2[- 3sc^2 + 3s - 3s^3] = o \\ P = k^2\mu^2(\gamma - s).c^2.[(1 - \gamma s)c^2 + c^2 s(\gamma - s) - c^4 s^2 - c^6] = o \end{array}$$

identiquement, c. q. f. d.

Au contraire, les *conditions ne seront pas satisfaites dans le cas de deux pôles égaux et opposés* ; en effet, on aura alors

$$\Omega = -\frac{z - \lambda}{r_1} + \frac{z + \lambda}{r_2} - 1$$

Donc

$$\frac{\partial \Omega}{\partial R} = \frac{R(z-\lambda)}{r_1^{\,3}} - \frac{R(z+\lambda)}{r_2^{\,3}}$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial z} = -\frac{R^2}{r_1^{\,3}} + \frac{R^2}{r_2^{\,3}}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} = \frac{z-\lambda}{r_1^{\,3}} - \frac{3R^2(z-\lambda)}{r_1^{\,5}} - \frac{z+\lambda}{r_2^{\,3}} + \frac{3R^2(z+\lambda)}{r_2^{\,5}}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R \partial z} = -\frac{2R}{r_1^{\,3}} + \frac{3R^3}{r_1^{\,5}} + \frac{2R}{r_2^{\,3}} - \frac{3R^3}{r_2^{\,5}}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} = \frac{3R^2(z-\lambda)}{r_1^{\,5}} - \frac{3R^2(z+\lambda)}{r_2^{\,5}}$$

En introduisant ces valeurs dans les équations X, on voit tout de suite que ces conditions ne seront pas remplies *identiquement* ; il suffit de constater que l'une d'elles n'est pas satisfaite quand on choisit pour R et z un système de valeurs *particulières*.

Posons

$$z = o, \quad R = \lambda$$

Alors

$$r_1 = r_2 = \lambda\sqrt{2}$$

et

$$\Omega = \sqrt{2} - 1$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial R} = -\frac{1}{2\lambda}\sqrt{2}$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial z} = o$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} = \frac{1}{4\lambda^2}\sqrt{2}$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial R \partial z} = o$$

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} = -\frac{3}{4\lambda^2}\sqrt{2}$$

Cela donne

$$L = \frac{-9 + 6\sqrt{2}}{2}\,\lambda^2$$

donc différente de nul, c. q. f. d.

Donc les relations (17), (19), et par conséquent aussi celle à la fin de la note additionnelle II, dans le mémoire de M. R. Birkeland, sont fausses.

5. Parmi les applications que M. R. Birkeland a faites de ses formules erronnées, il y en a une sur l'anneau, dans l'expérience de M. Kr. Birkeland.

Il me semble important de faire voir que les trajectoires dont M. R. Birkeland fait l'étude, pour expliquer cet anneau, n'existent pas.

A cet effet, nous allons trouver à quelles conditions il existe des trajectoires situées sur une surface de révolution, dont la courbe méridienne est une ligne de force magnétique.

Prenons le cas d'un champ magnétique quelconque restant géométriquement inaltéré par une rotation autour de l'axe des z. Comme je l'ai montré, par exemple, dans mon mémoire dans les *Archives* de 1911, les coordonnées R et z satisfont alors aux équations[1]

$$\left.\begin{aligned} R'' &= \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R} \\ z'' &= \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z} \\ R'^2 + z'^2 &= Q \\ R^2\varphi' &= \frac{\Phi + C}{H_0\varrho_0} \end{aligned}\right\} \qquad \text{XI}$$

les R′, R″, etc., désignant comme plus haut les dérivées par rapport à s et

$$Q = 1 - \left(\frac{\Phi + C}{H_0\varrho_0 R}\right)^2$$

Φ étant le « current-function » correspondant au potentiel magnétique. Enfin C et $H_0\varrho_0$ sont des constantes.

Comme je l'ai fait voir, *l. c.*, les lignes de force sont des intersections entre des plans passant par l'axe des z et les surfaces de révolution Φ = constante.

Cherchons *quand il y a une trajectoire située sur la surface de révolution :*

$$\Phi = a$$

On en tire

$$\frac{\partial \Phi}{\partial R} R' + \frac{\partial \Phi}{\partial z} z' = o$$

[1] Voir *l. c.* Cahier d'octobre. Les formules sont valables pour une charge négative. Si la charge est positive, il faut changer le signe de $H_0\varrho_0$.

qui, combinée avec la relation

$$R'^2 + z'^2 = Q$$

donne :

$$\left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2\right] R'^2 = Q \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2$$

$$\left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2\right] z'^2 = Q \left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2$$

$$\left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2\right] R'z' = - Q \frac{\partial \Phi}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

D'autre part, en différentiant de nouveau, on trouve

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2} R'^2 + 2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial R \partial z} R'z' + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} z'^2 + \frac{\partial \Phi}{\partial R} R'' + \frac{\partial \Phi}{\partial z} z'' = o$$

En éliminant R'' et z'' à l'aide des équations différentielles, il viendra

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2} R'^2 + 2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial R \partial z} R'z' + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} z'^2 = - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial R} + \frac{\partial Q}{\partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)$$

Enfin, multiplions par

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2$$

et appliquons les relations trouvées plus haut ; nous trouvons alors

$$Q\left[\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2 - 2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial R \partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2\right] =$$

$$= - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial R} + \frac{\partial Q}{\partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)\left(\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2\right) \qquad \text{XII}$$

Voilà la condition qui doit être remplie le long de la trajectoire située sur la surface de révolution $\Phi = a$. On y arrive aussi en exprimant que le rayon de courbure de la ligne de force $\Phi = a$ est égal au rayon de courbure correspondant à la signification mécanique des trois premières équations du système XI (voir mes mémoires dans les *Archives* en 1907 et 1911).

Cette condition XII peut être satisfaite de différentes manières :

a) On peut avoir

$$Q = o$$

le long de la trajectoire. Alors $R' = o$ et $z' = o$, donc aussi

$$\frac{\partial Q}{\partial R} = o, \quad \frac{\partial Q}{\partial z} = o$$

Les R et z restent donc *constantes* et le point (R, z), supposé situé en dehors des masses magnétiques, sera *point double* de la courbe de niveau $Q = o$, dans le plan méridien.

La trajectoire correspondante dans l'espace sera donc *un cercle* obtenu en faisant tourner ce point double autour de l'axe des z.

On peut avoir diverses pareilles trajectoires correspondant aux divers points doubles de la courbe $Q = o$.

On aura ce cas chaque fois que R et z sont constantes le long de la trajectoire.

Si R et z sont variables, on peut avoir les cas suivants :

b) Il peut arriver que

$$\frac{\partial \Phi}{\partial R} = o, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial z} = o$$

Comme

$$\frac{\partial \Phi}{\partial R} = - RH_z, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial z} = RH_R$$

où H_R et H_z sont les composants de la force magnétique[1], parallèles et normaux à l'axe des z, il faut que

$$R = o$$

En effet, le long d'une ligne de force, H_R et H_z ne peuvent pas être nuls qu'en des points isolés.

La surface $\Phi = a$ se réduit alors à l'axe des z.

c) On peut avoir $a = - C$ de manière que la surface $\Phi = a$ sera

$$\Phi = - C$$

Comme

$$\frac{\partial Q}{\partial R} = \frac{2}{(H_0\varrho_0)^2}\left[\frac{(\Phi + C)^2}{R^3} - \frac{\Phi + C}{R^2}\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial z} = - \frac{2}{(H_0\varrho_0)^2}\frac{\Phi + C}{R^2}\frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

le facteur

$$\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial R} + \frac{\partial Q}{\partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

sera nul, donc le second membre de l'équation XII. Comme Q n'est pas nul, il faut donc que

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2 - 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R \partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)^2 = o$$

[1] Voir *l. c.* Cahier d'octobre 1911.

Cette condition exprime que la courbe décrite par le point (R, z) aura sa courbure nulle, c'est-à-dire sera *une ligne droite.* D'autre part, $R'' = o$ et $z'' = o$, donc la vitesse de la particule sera *constante*; ensuite $\varphi' = o$. *Ce cas n'aura lieu que si le champ magnétique possède une ligne de force qui est une ligne droite*; la particule se mouvra donc le long de celle-ci avec vitesse constante, résultat connu.

d) Les cas *b)* et *c)* étant exclus, on peut avoir

$$\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial R} + \frac{\partial Q}{\partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial z} = o$$

ce qui entraîne aussi

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)^2 - 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R \partial z}\frac{\partial \Phi}{\partial R}\frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R}\right)_2 = o$$

La courbe décrite par le point (R, z) sera donc une ligne droite qui coupe les courbes de niveau

$$Q = \text{constante}$$

dans le plan méridien partout *sous angle droit.*

Ce cas ne peut se représenter que si la surface $\Phi = a$ est un cône de révolution coupant orthogonalement les surfaces de révolution $Q = \text{constante}$; la trajectoire sera alors ligne géodésique sur ce cône.

e) Enfin, les autres cas exclus, la condition XII peut être satisfaite sans que les deux membres soient nuls séparément. Or, la condition XII est une équation entre R et z et représente donc dans le plan méridien une courbe K. Il faut donc que la courbe $\Phi = a$ soit une branche de cette courbe K, et par conséquent on peut vérifier si $\Phi = a$ est une intégrale en essayant si l'équation XII est satisfaite par des points (R, z) situés convenablement sur la courbe $\Phi = a$.

D'après ces généralités, étudions les deux cas considérés dans le paragraphe précédent, celui d'un seul pôle et celui de deux pôles égaux et opposés.

1. *Le cas d'un seul pôle situé à l'origine.*

On aura alors

$$\Phi = -\frac{\mu z}{r}$$

Posons dans notre système XI :

$$k = -\frac{1}{H_0 \varrho_0}$$

$$\gamma = \frac{C}{\mu}$$

$$\Omega = \frac{1}{\mu} \Phi = -\frac{z}{r}$$

Alors le système devient identique au système (IV — V).

Donc

$$\frac{\partial \Phi}{\partial R} = \mu \frac{\partial \Omega}{\partial R}, \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial z} = \mu \frac{\partial \Omega}{\partial z}, \quad \text{etc.}$$

où les dérivées de Ω sont calculées plus haut.

Cela posé, faisons l'application du résultat obtenu plus haut :

a) Ce cas n'aura pas lieu.

b) Ce cas correspond à la trajectoire coïncidant avec l'axe des z.

c) Ce cas aura lieu aussi, parce que les lignes de force sont ici des lignes droites.

d) Ce cas aura aussi lieu, comme nous allons le voir.

En effet, les courbes Q = constante sont ici identiques aux courbes

$$\frac{\gamma - \frac{z}{r}}{R} = \text{constante}$$

En introduisant des coordonnées polaires

$$R = r \cos \psi, \quad z = r \sin \psi$$

on trouve

$$\frac{\gamma - \sin \psi}{\cos \psi} = r . \text{constante}$$

Donc les courbes Q = constante sont toutes homologues, avec l'origine comme centre de similitude. La valeur de ψ correspondant à un rayon vecteur *normal aux courbes* sera donc donnée par

$$\frac{dr}{d\psi} = o$$

ce qui donne

$$-\cos^2 \psi + (\gamma - \sin \psi) \sin \psi = o$$

d'où

$$\sin \psi = \frac{1}{\gamma}$$

Donc

$$\Omega = -\frac{1}{\gamma}$$

et

$$\Phi = -\frac{\mu^2}{C}$$

On voit aussi directement que la condition XII est satisfaite le long de la trajectoire située sur cette surface qui est un cône de révolution avec l'axe des z comme axe ; on a en effet, en désignant comme plus haut $\cos\psi$ et $\sin\psi$ par c et s :

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial R^2}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial z}\right)^2 - 2\frac{\partial^2\Phi}{\partial R\partial z}\frac{\partial\Phi}{\partial R}\frac{\partial\Phi}{\partial z} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial R}\right)^2 =$$

$$= \frac{\mu^3}{r^4}\left[(-2s + 3s^3)c^4 + 2c(1 - 3s^3)c^3s + (3s - 3s^3)c^2s^2\right] = o$$

identiquement.

D'autre part

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial\Phi}{\partial R} + \frac{\partial Q}{\partial z}\frac{\partial\Phi}{\partial z}\right) = \frac{\mu(\Phi + C)c}{(H_0\varrho_0)^2 rR^3}\left((\Phi + C)s - \mu c^2\right)$$

et sur la surface en question on a

$$\Phi = -\frac{\mu^2}{C}, \qquad s = \frac{\mu}{C}$$

d'où

$$(\Phi + C)s - \mu c^2 = \left(C - \frac{\mu^2}{C}\right)\frac{\mu}{C} - \mu + \mu\frac{\mu^2}{C} = o,$$

c. q. f. d.

La trajectoire sera une ligne géodésique sur ce cône de révolution, résultat connu.

e) Ce cas n'aura pas lieu, parce que le second facteur du premier membre de l'équation XII est déjà identiquement nul.

Cela fait, passons au cas *de deux pôles égaux et opposés.* Dans ce cas on aura

$$\Phi = -\mu\frac{z - \lambda}{r_1} + \mu\frac{z + \lambda}{r_2}$$

Pour avoir les notations et les équations du § 4, il suffit, dans le système XI, de poser

$$\Phi = (\Omega + 1)\mu$$

$$k = -\frac{1}{H_0\varrho_0}$$

$$C = \mu(\gamma - 1)$$

Le système XI devient alors identique au système (IV — V) et on peut appliquer les formules pour les dérivées partielles de Ω.

Considérons alors les divers cas :

a) La condition $Q = o$ donne d'abord

$$k^2\mu^2(\Omega + \gamma)^2 = R^2$$

Ensuite, on tire de la condition $\frac{\partial Q}{\partial z} = o$, combinée avec la relation précédente, que $\frac{\partial \Omega}{\partial z} = o$. Donc $r_1 = r_2$, c'est-à-dire

$$z = o \qquad \text{XIII}$$

Enfin, la condition $\frac{\partial Q}{\partial R} = o$ donne

$$\Omega + C = R \frac{\partial \Omega}{\partial R}$$

et comme

$$\frac{\partial \Omega}{\partial R} = -\frac{2\lambda R}{r_0^3}$$

où $r_0^2 = R^2 - \lambda^2$, on trouve en élevant aux carrés et en substituant la valeur de $(\Omega + \gamma)^2$:

$$(R^2 + \lambda^2)^3 = 4k^2\lambda^2\mu^2R^2 \qquad \text{XIV}$$

Donc les points (R, z) en question sont situés sur l'axe des R, c'est-à-dire les trajectoires en question sont des cercles dans le plan $z = o$, avec centre à l'origine et un rayon R satisfaisant à la condition XIV.

On arrive à la même conclusion en exigeant que le rayon de courbure ρ donné par la formule I soit égal à R.

Il est facile de voir que l'on aura, selon les circonstances, un, deux, ou bien aucun anneau.

b) Ce cas aura bien lieu parce que l'axe des z est une ligne de force.

c) Au contraire, ce cas ne se présente pas, parce que le champ magnétique n'a pas d'autres lignes de force rectilignes que l'axe des z.

d) Ce cas non plus, pour la même raison.

e) D'après le mémoire de M. R. Birkeland, ce cas aura lieu et la surface de rotation aura l'équation

$$-\frac{z - \lambda}{r_1} + \frac{z + \lambda}{r_2} = 1 - \frac{1}{\gamma}$$

Nous allons voir que cela est faux.

Il suffit de voir que les coordonnées du point d'intersection, entre la courbe méridienne et le plan des xy, ne satisfont pas à la condition XII.

Dans notre cas on aura

$$\Phi = \mu\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

et pour $z = o$ on a :

$$R = \lambda\sqrt{4\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^2 - 1}$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial z} = o$$

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial R\partial z} = o$$

de manière que la relation XII se réduira à

$$Q\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial R}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial R}\right)^3 = o$$

Mais ici

$$\frac{\partial\Phi}{\partial R} = -\frac{2\lambda\mu R}{\left(\sqrt{R^2 + \lambda^2}\right)^3}$$

donc différent de nul ; donc

$$Q\frac{\partial^2\Phi}{\partial R^2} + \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R}\frac{\partial\Phi}{\partial R} = o$$

Substituons ici la valeur de $\frac{\partial\Phi}{\partial R}$ et remarquons que

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial R^2} = -\frac{6R^2\lambda\mu}{\left(\sqrt{R^2 + \lambda^2}\right)^5}$$

ce qui donne

$$3RQ + \frac{1}{2}(R^2 + \lambda^2)\frac{\partial Q}{\partial R} = o$$

Mais

$$Q = 1 - \left(\frac{\Phi + C}{H_0\varrho_0 R}\right)^2$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R} = \frac{1}{(H_0\varrho_0)^2}\left[-\frac{\Phi + C}{R^2}\frac{\partial\Phi}{\partial R} + \frac{(\Phi + C)^2}{R^3}\right]$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial R} = -\frac{2\lambda\mu R}{\left(\sqrt{R^2 + \lambda^2}\right)^3}$$

$$\Phi = \mu\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$C = \mu\gamma$$

$$R = \lambda\sqrt{4\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^2 - 1}$$

En substituant ces valeurs dans l'équation plus haut, on doit avoir une identité entre les constantes arbitraires λ, μ, $H_0\rho_0$ et γ. Mais on aura par exemple pas d'identité en $H_0\rho_0$, parce que $R > 0$. Donc, on est ainsi conduit à une absurdité.

Donc les trajectoires de M. R. Birkeland n'existent pas[1]. Le problème de chercher s'il y a des trajectoires répondant au cas *e* sur d'autres surfaces $\Phi = a$, où $a \gtrless \mu\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$, nous entraînerait trop loin.

6. Disons enfin quelques mots sur le reste du mémoire de M. R. Birkeland : L'existence des équations (2) et (2′) est depuis longtemps prouvée dans mes travaux antérieurs, comme le remarque aussi M. Birkeland. La forme particulière du second membre est d'ailleurs *une conséquence immédiate* des propriétés de la fonction appelée Φ, qu'on trouve dans le numéro d'octobre 1911 des *Archives*.

Aussi les relations (7), (9*a*) et (11) sont bien connues.

Dans le § 17 on trouve *une nouvelle faute grave* ; en effet, M. R. Birkeland dit :

« Pour qu'une particule électrisée venant de loin puisse arri-
« ver dans le voisinage des masses magnétiques, il faut que la
« direction se confonde très sensiblement avec une ligne de
« force. »

En effet, si cela était vrai, on arriverait à la conclusion absurde que voici :

Supposons que le champ soit formé de deux pôles égaux et opposés, comme dans les exemples précédents, et supposons qu'un corpuscule émane d'un point M dans le plan $z = \lambda$ à une distance R_0 de l'axe des z. Alors, *si R_0 tend vers l'infini*, il faut,

[1] Donc son essai d'explication de l'anneau de M. Kr. Birkeland a échoué. J'ai déjà donné une explication de cet anneau dans mes mémoires antérieurs et j'y reviendrai avec plus de détails dans un mémoire prochain. Remarquons seulement qu'on peut avoir aussi un anneau lumineux *tout près de la sphère magnétique si celle-ci sert de cathode,* anneau qui est formé des corpuscules émises au voisinage de l'équateur et retombant sur le globe, comme sur mes modèles de la couronne du soleil (voir *Comptes rendus*, Paris 20 février 1911).

d'après M. Birkeland, que le corpuscule soit lancé dans une direction *qui tend à être normale au plan des xy*, pour qu'il arrive au voisinage des pôles magnétiques.

C'est évident à priori que cette direction, au contraire, doit tendre à coïncider avec la ligne allant de M à l'origine, quand R_0 tendra vers l'infini.

Christiania, avril 1912.

RECHERCHES QUANTITATIVES

SUR LES SYSTÈMES GAZEUX

(COURBES DE FUSIBILITÉ)

PAR

Georges BAUME

(Avec les planches XX et XXI)

I. — Considérations générales

Kékulé, puis Van't Hoff[1] ont admis que toute réaction chimique dite *de substitution* devait être précédée d'un produit d'addition entre les substances réagissantes[2]; la même hypothèse a permis d'expliquer aisément le rôle des catalyseurs[3] (Bredig), le phénomène de l'inversion optique (Fischer), etc. Mais on doit à Ph.-A. Guye d'avoir attiré l'attention des chercheurs sur la possibilité de déceler, par les méthodes de l'analyse thermique (courbes de fusibilité), l'existence de ces combinaisons intermédiaires, nécessairement peu stables, puisqu'elles doivent se décomposer aisément dans les conditions mêmes où elles peuvent prendre naissance[4].

[1] Van't Hoff, *Ansichten über Organ. Chemie*, I, 225 (1878).

[2] Ces produits d'addition sont absolument comparables à ceux qui prennent naissance dans les alliages.

[3] Il ne faut envisager ici que les *catalyseurs chimiques*, dont l'action diffère nettement des *catalyseurs physiques* (corps poreux, etc.), dont le rôle revient à élever « artificiellement » et « localement » la température ou la pression du système, ainsi que la théorie cinétique des gaz permet de s'en rendre compte (voir plus loin, p. 426).

[4] Cette méthode d'investigation, éminemment appropriée au but poursuivi, puisqu'elle permet d'étudier ces corps peu stables à des températures aussi basses que possible, peut être mise en défaut dans plusieurs cas bien déterminés, dont on trouvera des exemples très nets dans l'étude générale que ce savant a publiée sur cet important problème (*J. Chim. phys.*, 8, p. 119, 1910).

C'est en 1907 que ce savant a fait connaître les premiers essais effectués, dans son laboratoire, sur un certain nombre de systèmes binaires organiques formés par des corps solides ou liquides, et l'importance que présentent de telles recherches non seulement au point de vue de *l'étude du mécanisme des réactions de substitution* de toute nature[1], mais encore pour la connaissance des *combinaisons oxoniennes* (valence) et des *écarts constatés dans l'activité optique des solutions.*

Depuis cette époque, plusieurs travaux, effectués dans le but d'étudier par l'analyse thermique l'une ou l'autre de ces questions, ont été publiés, principalement par le Laboratoire de Chimie physique de Genève : nous citerons en particulier ceux qui ont été exécutés, sous la direction de M. Ph.-A. Guye, par notre malheureux ami Wroczynski, décédé récemment dans des circonstances particulièrement douloureuses, par Tsakalatos[2] et Scheuer[3], ceux de Mac Intosh[4], Schmidlin et Lang[5], Menschutkin[6], etc., dans lesquels plusieurs systèmes d'une réelle importance ont été étudiés avec tout le soin désirable[7].

Enfin, si l'étude de ces états passagers, intermédiaires entre l'état initial et l'état final d'un système chimique, présente un grand intérêt au point de vue des échanges atomiques, leur existence permet aussi de trouver aisément les raisons du désaccord *apparent* entre l'ordre prévu et l'ordre expérimental

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1907, 4e série, **24**, 397. Nous signalons à ce propos une intéressante mise au point de ces diverses questions, due à A. Job (Revue de Métaphysique et de Morale, 1911).

[2] *J. Chim. phys.*, **8**, 1910, *passim.*

[3] *Z. phys. Ch.*, **72**, 53, 1910.

[4] *J. Am. Ch. S.*, *passim.*

[5] *Ber.*, **43**, 2806, 1910, Bd. III. Friedel et Crafts avaient déjà admis l'hypothèse de la formation de produits d'addition entre le chlorure d'aluminium et les corps réagissants. Cette hypothèse vient d'être confirmée par les beaux travaux de M. Menschutkin (*J. Soc. phys. chim. russe*, **41**, 1053, 1909 et **42**, 58, 1910) qui a précisément appliqué à l'étude de cette question les méthodes de l'analyse thermique.

[6] *J. Chim. phys.*, **9**, *passim*, 1911.

[7] Nous ne pouvons insister ici sur les travaux très nombreux entrepris dans ce domaine. Le lecteur voudra bien se reporter aux deux index-revues publiés par A. Wroczynski et Menschutkin. *J. Chim. phys.*, **8** et **9**, 1910-1911, *passim.*

de certaines réactions. Les produits d'addition jouent par suite un rôle fort important dans l'explication de ces phénomènes qui relèvent de la mécanique chimique, et qu'ils permettent d'interpréter d'une manière satisfaisante pour nos idées actuelles [1].

II. — Origine de nos recherches

La simplicité des molécules mises en œuvre dans l'étude des systèmes gazeux permet d'examiner les problèmes précédents sur des exemples élémentaires, et de vérifier dans les meilleures conditions possibles un grand nombre de lois physico-chimiques [2] : telles sont les raisons qui m'ont conduit à entreprendre l'étude des courbes de fusibilité des systèmes binaires formés de deux gaz (dans les conditions normales de température et de pression), ou d'un gaz et d'un liquide, qui n'ont encore fait l'objet d'aucune recherche systématique et générale.

L'absence de données expérimentales dans ce domaine provient surtout des difficultés qui ont arrêté les chercheurs, soit dans l'établissement d'une méthode simple et relativement rapide pour effectuer ces mesures quantitatives, soit dans l'obtention même des basses températures ; ce dernier point a été entièrement résolu dans les recherches de Guye, Wroczynski et Tsakalatos. Quant à la méthode elle-même, nous l'avons établie à la suite d'une série d'essais et d'expériences qui remontent à plus de trois ans [3] ; elle nous a permis d'étudier d'une façon très simple un certain nombre de systèmes gazeux. Ces systèmes n'ont pas été, bien entendu,

[1] La vitesse de leur formation peut être également étudiée par les courbes de fusibilité, lorsqu'elle n'est pas instantanée, car on sait que ces courbes peuvent être utilisées pour l'analyse des mélanges binaires, ternaires et quaternaires (Holleman et ses élèves).

[2] Voici une raison de ce fait, due à la température des essais : aux basses températures, les variations relatives de la température pour un écart thermométrique donné, sont beaucoup plus sensibles qu'aux températures plus élevées ; on sait, de plus, que les variations de certaines propriétés des corps aux basses températures sont parfois très importantes. (Voir les travaux de Nernst, *J. Chim. phys.*, 1910, 8, 228).

[3] G. Baume, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1909, 4e pér., t. XXVII, 408.

choisis au hasard ; ceux que nous mentionnerons dans le présent mémoire se rattachent aux groupes suivants[1] :

a) Le premier groupe comprend les systèmes chimiquement inertes dans les conditions de nos expériences, mais dont la solidification est caractérisée par la formation de cristaux mixtes (ou solutions solides) ; on sait que celles-ci communiquent au liquidus certaines propriétés intéressantes (pl. XXI, fig. 1).

b) Au deuxième groupe se rattachent nos essais effectués en vue de compléter certains points de nos connaissances sur les hydrates de gaz très solubles dans l'eau (pl. XXI, fig. 2).

c) Au troisième groupe (étude des valences) appartiennent les systèmes qui ont trait aux combinaisons oxoniennes (le corps oxonien choisi a été l'oxyde de méthyle et *les systèmes étudiés sont par suite les plus simples que l'on puisse réaliser* (pl. XXI, fig. 3).

d) Le dernier groupe comprend divers systèmes permettant de mettre en évidence la formation des composés d'addition dans certaines réactions simples qui appartiennent surtout à la chimie des alcools (l'alcool employé a été l'alcool méthylique, *ce qui nous a permis de réaliser les systèmes alcooliques les plus simples qu'il soit possible d'étudier*) (Pl. XXI, fig. 4 et 5).

C'est grâce à l'intérêt que M. le Prof. Ph.-A. Guye a bien voulu porter à cette étude et aux collaborateurs que j'ai trouvés dans son Laboratoire, MM. les Drs F.-L. Perrot et G. P. Pamfil, A.-F.-O. Germann et N. Georgitses, et Mlle Tykociner, que je dois d'avoir pu réaliser le travail d'ensemble que je m'étais proposé. La publication détaillée de ces recherches, où ils ont pris une part très active, est prochaine ; mais je tiens dès maintenant à les remercier bien affectueusement de leur excellente collaboration.

[1] G. Baume, *C. R.*, 148, p. 1322, 1909. — G. Baume et F.-L. Perrot, *C. R.*, 151, p. 528, 1910 et 152, p. 1763, 1911. — G. Baume et G.-P. Pamfil, *C. R.*, t. 151, p. 1905, 1911. — G. Baume et A.-F.O. Germann, *C. R.*, 153, p. 569, 1911. G. Baume et N. Georgitses, *C. R.*, t. 154, p. 650, 1912.

III. — Principe de la méthode employée

Dispositif expérimental

On sait que l'établissement de la courbe de solidification (*liquidus*) d'un système binaire nécessite la détermination, dans un tube cryoscopique convenable, de la température de solidification commençante d'un grand nombre de mélanges, en proportions diverses et connues, des deux constituants (une trentaine environ). La durée même des opérations, et aussi le fait que nos recherches ont porté sur des gaz de volatilité très différente (par exemple NO et SO_2), m'ont conduit à renoncer à la pesée directe des gaz, soit sous forme gazeuse dans un ballon préalablement vidé d'air, soit à l'état liquide dans un récipient présentant une résistance suffisante. Voici le principe de la méthode volumétrique que j'ai établie et qui nous a donné entière satisfaction, tant pour les systèmes binaires entièrement gazeux que pour ceux constitués par un gaz et un liquide[1] :

Si l'on condense au moyen d'air liquide, dans un tube cryoscopique α (pl. XX), des quantités quelconques de deux gaz C et C′, contenus sous des pressions p et p' dans deux ballons de même volume β et β' et maintenus à la même température (0°), le nombre des molécules mises en présence est proportionnel à la pression des deux gaz, au cœfficient de compressibilité près (écart à la loi de Mariotte) ; la composition (en concentration moléculaire) du mélange est par suite[1] :

$$C' \, \% = \frac{100\,p'}{p\,\dfrac{1-A'}{1-A} + p'}$$

où A et A′ représentent le coefficient de compressibilité, entre 0 et 1 atmosphère, des deux gaz étudiés.

Dans le cas d'un système liquide-gaz, la connaissance en valeur absolue de la masse m de gaz ajoutée devient néces-

[1] Ainsi que nous l'avons indiqué ailleurs, cette méthode est applicable à un grand nombre de recherches quantitatives sur les gaz et les mélanges gazeux (*Cf. J. Chim. phys.*, 9, p. 245, 1911).

saire ; son calcul est aisé à partir des données expérimentales (pression ; coefficient d'écart A_0^1 ; volume des ballons mesureurs ; poids du litre normal, connu pour tous les gaz usuels). Si M est son poids moléculaire et si *m'* et M' représentent la masse et le poids moléculaire du liquide ajouté, la concentration moléculaire de ce dernier dans le mélange sera :

$$100 \frac{m'}{m \frac{M'}{M} + m'}$$

Son calcul est donc extrêmement simple.

Au point de vue expérimental, le tube cryoscopique qui fait suite aux appareils de purification chimique et physique (distillation fractionnée) et de mesure des gaz (pl. XX)[2] est constitué par une éprouvette en verre contenant un agitateur électromagnétique de Beckmann et un appareil thermométrique à basse température. Le tube-laboratoire porte en outre à sa partie supérieure un ajutage conique, parfaitement rodé. auquel s'adapte la partie inférieure d'une petite éprouvette graduée, permettant d'y introduire des liquides non volatils *pesés* ; une tubulure latérale avec joint plat rodé est destinée à l'introduction de poids connus de liquides volatils (CH_2O, N_2O_4, etc.), contenus dans une ampoule à robinet, également munie d'un joint plat rodé, qu'une pince de serrage convenablement disposée[3] permet de réunir au premier.

Sans insister sur le détail des expériences, je me bornerai à dire qu'il est facile avec un tel dispositif de déterminer le point de congélation de mélanges en proportions diverses de deux gaz ; il suffit d'ajouter à une quantité de l'un d'eux, connue par les indications du manomètre S et condensée dans le tube cryoscopique. des quantités croissantes, également connues volumétriquement. de l'autre gaz, et de déterminer, après

[1] La formule rigoureuse que nous avons établie ailleurs (*J. Chim. phys.*, 9, p. 245, 1911) est plus compliquée ; celle que nous donnons ici suffit pour l'ordre de précision que demandent ces recherches.

[2] Tout l'appareillage est entièrement construit en verre soudé et parfaitement privé d'air.

[3] *Cf.* Ph.-A. Guye, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 4e pér., t. 27, p. 557, 1909; Boubnoff et Guye, *J. Chim. phys.*, t. 9, p. 290, 1911.

chaque addition, le point de congélation du mélange ainsi constitué, en protégeant comme d'habitude le tube-laboratoire de l'action trop rapide du réfrigérant par un manchon convenablement disposé[1].

Si l'un des gaz est remplacé par un liquide, on introduira ce dernier dans le tube-laboratoire par distillation au moyen de l'éprouvette à joint plat, s'il est volatil, ou, dans le cas contraire, par écoulement au moyen de la burette graduée à joint conique ; des prises de vide convenablement disposées (voir pl. XX) permettent d'éviter toute rentrée d'air dans le tube cryoscopique lors de ces additions de liquides.

Nous allons maintenant résumer sommairement les divers résultats d'ordre physique ou chimique auxquels nous a conduit cette étude.

IV. — Résultats et conclusions[2]

Je signalerai d'abord, sommairement, plusieurs résultats d'ordre physique que nos recherches nous ont permis d'obtenir :

1° *Constantes des gaz liquéfiés.* — La détermination de l'origine de nos courbes nous a amené à déterminer ou à reprendre le point de congélation d'un certain nombre de gaz (SO_2, CH_3Cl, NH_3, $(CH_3)_2O$, H_2S, HCl, C_2H_2, C_2H_6, CO_2, C_2H_4, NO) et leur point d'ébullition sous pression normale. Les résultats en ont déjà été publiés dans ce recueil en collaboration avec M. le Dr F.-L. Perrot[3].

[1] Une manœuvre convenable des robinets permet de s'affranchir complètement des espaces nuisibles, constitués par les tubulures de l'appareil. La précision de la méthode peut en effet rendre les erreurs inférieures à $^1/_{1000}$, en ce qui concerne les mesures de masses. La précision est beaucoup plus faible pour les mesures de températures, en raison de la mauvaise conductibilité des systèmes étudiés et des surfusions considérables (0°,25 au maximum) ; elle est d'ailleurs suffisante pour le cas qui nous occupe ici.

Avec un peu d'habitude, on peut également déterminer le *solidus* du système choisi (courbe de solidification finissante du système étudié).

[2] Je publierai ailleurs les développements théoriques que permettent ces recherches. Leur étude est assez longue et complexe et ne pourrait entrer dans le cadre du présent mémoire.

[3] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 4e pér., t. 32, p. 62, 1911.

2° *Equation des courbes de fusibilité.* — Plusieurs de nos courbes de fusibilité permettent, par suite de l'écart considérable des points de fusion des deux constituants, de vérifier aisément les relations proposées par divers savants entre l'abaissement du point de congélation et la concentration de mélanges en toutes proportions de deux liquides (gaz liquéfiés). Parmi les écarts constatés, certains s'expliquent fort bien par l'association moléculaire des corps étudiés, qui croît lorsque la température s'abaisse ; *mais, ainsi que nous le verrons ailleurs, cette interprétation ne semble pas toujours suffisante.*

3° *Etude de la vitrification.* — On sait que parmi les circonstances qui limitent les applications de l'analyse thermique en chimie organique se trouve la formation, dans certains cas, de mélanges très visqueux, donnant par refroidissement de véritables verres incristallisables : Guye, Wroczynski et Tsakalatos ont observé un certain nombre d'exemples caractéristiques de ce fait qui s'est reproduit fréquemment dans nos recherches sur les systèmes binaires formés par les gaz liquéfiés. On peut suivre très aisément les divers stades de la formation de ces verres : augmentation progressive de la viscosité, arrêt de l'agitateur dans la masse vitrifiée, et enfin éclatement de celle-ci avec formation de verres craquelés, dès que l'élasticité du système n'est plus suffisante pour maintenir l'homogénéité de la masse. Ces mélanges visqueux permettent d'étudier la *vitesse de cristallisation* ; je rappellerai seulement qu'il nous a été possible d'observer des valeurs nulles de cette vitesse en maintenant à température constante, pendant plusieurs jours, un centre de cristallisation formé en un point de la masse, visqueuse, d'un mélange

$$(CH_3)_2O - HCl \quad \text{ou} \quad CH_3.CH_2.CO_2H - HCl.$$

La formation de ces verres rend parfois les recherches expérimentales très pénibles dans les régions où on les observe, car le tube-laboratoire devient fréquemment solidaire de la masse vitreuse qu'il renferme au moment où elle éclate par retrait. L'exemple du système $(CH_3)_2O$ — HCl (pl. XXI, fig. 3) est typique : notre appareil s'est brisé *21 fois* dans la région de la courbe comprise entre 30 et 45 % $(CH_3)_2O$.

Voici maintenant les remarques qu'il nous semble possible de tirer des quatre groupes de courbes de fusibilité qui font l'objet de ce mémoire[1] :

I. *Solutions solides.* — Nous ne pouvons insister ici sur l'intérêt que présente l'étude des courbes de fusibilité des solutions solides (cristaux mixtes), dont plusieurs systèmes gazeux nous ont donné des exemples très nets (pl. XXI, fig. 1)[2]. Nous citerons simplement, parmi les résultats que nous avons obtenus, le liquidus du système HCl — C_2H_6 (G. Baume et N. Georgitses), qui présente un point d'inflexion à tangente horizontale, et qui me semble constituer l'exemple le plus net que l'on possède, à l'heure actuelle, du cas limite du type II de Bakhuis Roozeboom, lorsque le maximum et le minimum de la courbe de solidification commençante tendent l'un vers l'autre : je l'appellerai avec Ruer le type I*a* de Roozeboom[3]. *Le solidus de ce système se confond avec le liquidus au point d'inflexion où la composition des deux phases en présence est identique.*

II. *Hydrates de gaz.* A l'autre extrémité de l'échelle de cristallisation des mélanges binaires se placent naturellement les systèmes, si nombreux, qui présentent le phénomène de *l'immiscibilité* : Tel est le cas du système SO_2 — H_2O (G. Baume, A. Tykociner et G. Pamfil), qui présente à $+13°2$ et $-74°1$ des paliers étendus que l'aspect même du liquide (formation de deux couches) permettait de prévoir (pl. XXI, fig. 2). Nous avons porté sur la même figure les résultats relatifs aux systèmes HCl — H_2O et NH_3 — H_2O, déjà étudiés par F.-F. Rupert[4] et par A. Smits et S. Postma[5].

III. *Combinaisons oxoniennes.* — L'étude de *quatorze* systèmes oxoniens, à base d'oxyde de méthyle ou d'alcool méthylique (qui sont les plus simples qu'il soit possible de réaliser) (pl. XXI, fig. 3 et 4), nous permet de ne pas considérer l'oxygène oxonien comme strictement basique, contrairement à

[1] Voir plus haut, p. 418.

[2] Nous y avons figuré également les systèmes HBr — H_2S et HI — H_2S, récemment étudiés par Bagster. *J. Chem. Soc.*, **99**, 1218, 1911.

[3] Ruer, *Metallogr. in element. Darst.*, Leipzig, 1907.

[4] *J. Amer. chem. Soc.*, **31**, *passim*, 1909.

[5] *Z. anorg. Chem.*, **71**, 250, 1911.

l'idée généralement admise : $(CH_3)_2O$ et CH_3OH, considérés comme eaux substituées, peuvent revêtir dans leurs combinaisons le caractère tantôt acide, tantôt basique, que possède l'eau elle-même. Voici quelques exemples très nets de combinaisons moléculaires oxoniennes caractérisées par nos courbes de fusibilité [1] :

$(CH_3)_2O + HCl$ (G. Baume)[2]
$(CH_3)_2O + SO_2$ (G. Baume)[3]
$(CH_3)_2O + H_2S$ (G. Baume et F.-L. Perrot)
$(CH_3)_2O + NH_3$ (G. Baume et F.-L. Perrot)
$CH_3OH + HCl$ (G. Baume et G.-P. Pamfil)
$CH_3OH + SO_2$ (G. Baume et G.-P. Pamfil)
$CH_3OH + NH_3$ (G. Baume et F.-L. Perrot), etc.

En outre, les résultats négatifs obtenus avec les systèmes $(CH_3)_2O - CO_2$, $CH_3OH - CO_2$, etc., semblent indiquer que l'existence de ces combinaisons est liée à la notion de *valence*, au sens presque classique de ce mot (G. Baume et F.-L. Perrot) ; c'est la même conclusion qui se dégage de l'étude des systèmes formés par l'oxyde de méthyle avec les gaz C_2H_2, C_2H_4 et NO (G. Baume et A.-F.-O. Germann). Nous avons pu caractériser, en effet, les combinaisons suivantes, parfaitement normales selon les conceptions actuelles :

$$\begin{matrix} CH_3 \diagdown & & \diagup CH \\ & O & \| \\ CH_3 \diagup & & \diagdown CH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH_3 \diagdown & & \diagup CH_2 \\ & O & | \\ CH_3 \diagup & & \diagdown CH_2 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH_3 \diagdown & & \diagup NO \\ & O & \\ CH_3 \diagup & & \diagdown NO \end{matrix}$$

IV. *Mécanisme des réactions.* — On sait que les idées modernes sur le mécanisme des réactions de substitution permettent de distinguer trois zones bien distinctes : *zone d'indifférence à basse température* ; puis, à température plus élevée, *zone d'addition*, et enfin *zone de substitution* [4]. Les systèmes par-

[1] On rapprochera ces résultats de ceux que J. d'Ans et W. Friederich ont publiés récemment sur les peracides et les perhydrates, préparés à partir de l'eau oxygénée (*Z. Elektroch.*, 17, p. 849, 1911. — *Cf. Berichte*, 43, p. 1880, 1910).

[2] Ce produit d'addition est la combinaison classique de Friedel.

[3] E. Briner et E. Cardoso ont caractérisé cette même combinaison par l'étude de la compressibilité de divers systèmes constitués par ces deux gaz (*J. Chim. phys.*, VI, p. 641, 1908).

[4] On en trouvera des exemples très intéressants dans les mémoires de Guye, Wroczynski et Tsakalatos, mentionnés plus haut (*J. Chim. phys.*,

ticulièrement simples que nous avons pu étudier par la méthode décrite au début de ce mémoire ont permis de vérifier ces conceptions pour un certain nombre de réactions élémentaires de la chimie organique, comme le montrent les exemples suivants :

Systèmes	Combinaisons caractérisées
CH_3OH — NH_3 (G. Baume et F.-L. Perrot).	$CH_3OH + NH_3$, premier stade de la formation des amines.
CH_3OH — HCl (G. Baume et G. Pamfil)....	CH_3OH + HCl, premier stade de la formation des dérivés monohalogénés des alcools.
$C_2H_5CO_2H$ — HCl (G. Baume et N. Georgitses)	$C_2H_5CO_2H$ + HCl, premier stade de la formation des chlorures d'acides.
CH_3OH — H_2S (G. Baume et F.-L. Perrot).	Pas de combinaison (pas de réaction de substitution).
CH_3OH — CO_2 (G. Baume et F.-L. Perrot)..	Pas de combinaison (pas de réaction de substitution).
	etc., etc.

Les résultats obtenus sont donc tous normaux au point de vue chimique ; mais l'absence de maximum dans une courbe de fusibilité ne permet pas de conclure à l'absence de toute réaction de substitution à température plus élevée [1], car la limite inférieure de l'état liquide peut être comprise dans la *zone d'indifférence* du système, dont l'étendue est parfois considérable. Or, le rôle des *catalyseurs* est précisément de diminuer l'étendue de cette zone et d'abaisser la limite supérieure de la zone d'addition ; mais, tandis que les uns agissent *chimiquement*, l'action des autres paraît être essentiellement *physique*.

Les *catalyseurs chimiques* doivent, selon les idées de Bredig et de Guye, former une combinaison d'addition triple avec les

t. 8, *passim*, 1910). Il est évident qu'en réalité cette division en *zones* ne peut être aussi stricte, les phénomènes étudiés relevant des lois de la mécanique chimique.

[1] Nous ne pouvons développer ici les considérations thermochimiques permettant d'expliquer la décomposition des produits d'addition, variable selon le système considéré.

substances dont ils facilitent ou provoquent la réaction. Parfois celles-ci ne donnent point elles-mêmes de combinaison moléculaire double ; parfois, au contraire, on peut en constater la formation sans intervention du catalyseur, dont l'action consiste, dans ce cas, à abaisser la limite supérieure de la zone d'addition[1].

Le rôle des *catalyseurs physiques* (corps poreux, systèmes condensants, etc.) semble être d'un ordre tout à fait différent ; il revient à élever *artificiellement* et *localement* la température ou la pression du système[2], et à réaliser par suite un état de choses qu'une élévation de température ou de pression seule permettrait d'obtenir sans leur intervention[3]. Leur mode d'action les écarte donc complètement du champ de la présente étude. — Le processus de la catalyse chimique permet au contraire d'effectuer son étude par les méthodes de l'analyse thermique[4]. Les beaux travaux de Menschutkin, sur les systèmes formés par divers composés organiques avec un certain nombre de sels minéraux, en constituent un excellent exemple ; j'ai pu de mon côté, avec la collaboration très dévouée de M. le Dr G.-P. Pamfil, étudier le mécanisme du phénomène de l'*estérification* sous l'influence de l'acide chlorhydrique :

Nous avons vu que l'acide propionique et l'alcool méthylique forment avec l'acide chlorhydrique des combinaisons de la forme[5] :

$$C_2H_5CO_2H + HCl, \qquad CH_3OH + HCl$$

En produisant dans notre tube-laboratoire une quantité connue de la combinaison $C_2H_5CO_2H + HCl$[6], et en lui ajou-

[1] On rapprochera ce fait de l'étude récente de C. Matignon (C. R., t. 154, p. 1164, 1912).

[2] *Cf.* J. Duclaux, *C. R.*, t. 152, p. 1176 et t. 153, p. 1217, 1911 ; G. Baume, la Chimie Physique en 1911 (*J. Chim. phys.*, t. X, 1912). Je développerai ailleurs les raisons qui permettent, à mon avis, une telle division des phénomènes de catalyse.

[3] On sait en particulier qu'une vitesse de réaction double sensiblement pour une élévation de température de 10°.

[4] Voir plus haut, p. 415, note 4.

[5] Voir plus haut, p. 425.

[6] L'opération est assez aisée, quoique délicate, lorsqu'on possède l'habitude de ce genre de mesures ; elle nécessite souvent deux opérateurs.

tant des quantités croissantes, également connues, de CH_3OH, nous avons pu établir la courbe de fusibilité du système

$$[C_2H_5\,CO_2H + HCl] - CH_3OH$$

qui présente un maximum très net, caractérisant la combinaison triple (Pl. XXI, fig. 5) :

$$C_2H_5.CO_2H + HCl + CH_3OH.$$

Cette combinaison constitue le premier stade de la formation des esters.

En partant au contraire du composé $CH_3OH + HCl$ et en l'additionnant de quantités croissantes de $C_2H_5.CO_2H$, les indications du thermomètre ont toujours varié *follement* dans une même série de mesures ou dans des séries successives, quelle qu'ait été la manière de les conduire. Des essais directs nous ont permis de constater la formation[1] de propionate de méthyle dans les conditions de nos expériences, nous montrant ainsi que nous nous trouvions déjà dans la zone de substitution[2]. — Ce résultat nous semble d'autant plus intéressant que la courbe de fusibilité $C_2H_5.CO_2H - CH_3OH$ est parfaitement régulière, sans maximum (pl. XXI, fig. 5) ; nous avons donc pu réaliser sur le même exemple chimique les trois zones que nous indiquions plus haut : *indifférence, addition, substitution.* Peut-être les expériences actuellement en cours nous permettront-elles de compléter la classification des systèmes catalytiques que nous venons de résumer sommairement à la fin de ce mémoire.

Tels sont les principaux résultats que je désirais faire connaître dans l'étude que M. Ed. Sarasin a bien voulu me demander pour les *Archives des Sciences physiques et naturelles.* Toutefois, il me paraît nécessaire, en terminant, d'indiquer — à côté des conséquences physicochimiques de nos recherches sur les systèmes gazeux — un fait qui me paraît constituer le principal intérêt de ces essais à basse température : c'est

[1] Par décomposition de la combinaison triple.

[2] Les raisons de ce fait peuvent être physiques (différence de niveau des deux courbes) ou chimiques (isomérie).

l'idendité que présentent nos résultats avec ceux que donnent les métaux, les roches, les corps réfractaires, etc. Nous constatons ainsi, une fois de plus, la fertilité des méthodes de l'analyse thermique, à laquelle tous les grands noms de la chimie moderne ont apporté leur contribution dans les domaines les plus dissemblables, aux deux extrémités de l'échelle des volatilités et des masses moléculaires[1].

Genève, Laboratoire de Chimie théorique de l'Université.
Avril 1912.

[1] Il suffit de rappeler les travaux de Bakhuis Roozeboom, Le Chatelier, Tammann, Guye, Holleman, etc.

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

Assemblée générale du 2 mars 1912, à Bâle

Présidence de M. le Prof. Fr. Fichter, président

Partie administrative. — C. Mettler. Sur l'acide dichloro-dioxybenzoyl benzoïque. — Le même. Sur quelques colorants acides de la série du naphtacène quinone. — A. Werner. Sur de nouveaux isomères optiques de composés métalliques. — H. Rupe, Schobel et Abegg. Sur la constitution du 3-méthyl-menthadiène. — H. Rupe et Kerkovius. Sur l'éther menthylique de l'acide α-phényl-hydrocinnamique. — H. Rupe, Ahner, Haussler, Wolfsleben et Leuzinger. Nouvelle contribution à l'étude des relations entre la constitution et le pouvoir rotatoire. — George Baume. Courbes de fusibilité de quelques systèmes binaires volatils. — Le même. Recherches sur les courbes de fusibilité des systèmes binaires très volatils. — Le même et G. Pamfil. Acide propionique HCl. — J. Schmidlin et A. Garcia-Banus. Action de la lumière sur le triphényl-méthyle. — Les mêmes. Tautomérie de composés organo-magnésiens. — J. Schmidlin et R. Lang. Combinaisons organiques moléculaires comme premier terme de réaction. — P. Pfeiffer. Combinaisons des sels neutres des amino-acides. — O. Billeter. Contribution à la recherche de l'arsenic — Otto Scheuer. Revision de la densité des gaz SO_2 et NH_3 et nouvelles déterminations du poids atomique de l'azote. — E. Wourtzel. Valeur du rapport NO : O. — Ed. Schær. Observations sur la propagation de l'amygdaline. G. Jantsch. Glycolates de terres rares. — Oskar Baudisch et Nicolaus Kareeff. Sur l'o-Nitrosophénol. — A. Bistrzycki. Sur des essais nouveaux de décarbonylation. — Fr. Fichter. Deux expériences de cours.

La Société suisse de chimie s'est réunie en assemblée générale d'hiver, le 2 mars 1912. Parmi les questions administratives dont la Société s'est occupée, nous mentionnerons entre autres l'admission de la Société dans l'*Association internationale des Sociétés chimiques* (6 octobre 1911).

Le but poursuivi par cette nouvelle association est établi par les statuts suivants, adoptés à Paris, en avril 1911.

Statuts de l'Association internationale des Sociétés chimiques

Art. I. — Il est fondé une Association internationale des Sociétés chimiques.

Art. II. — Le but de l'Association est de former un lien entre

les Sociétés chimiques du monde, pour s'occuper des questions ayant un intérêt général et international pour la chimie.

Art. III. — Toutes les Sociétés chimiques peuvent faire partie de l'Association.

Art. IV. — L'Association est dirigée par un Conseil formé d'un certain nombre de membres. Chaque pays ne peut être représenté dans le Conseil que par une seule Société chimique, qui désignera trois représentants.

Art. V. — Le Conseil actuel comprend les délégués des sociétés fondatrices, c'est-à-dire de la Société chimique allemande (Deutsche chemische Gesellschaft), de la Société chimique anglaise (Chemical Society of London) et de la Société chimique française (Société chimique de France).

Art. VI. — Le Conseil fixe à chaque réunion le lieu et l'époque de la prochaine session.

Art. VII. — Le Conseil nomme au début de chaque session un président, qui est en même temps président de l'Association, et qui entrera en fonctions à la fin de la session.

Art. VIII. — Le bureau est constitué par le président, le vice-président et le secrétaire général, qui sont les délégués du même pays.

Art. IX. — Le président est chargé de convoquer le bureau. Celui-ci veille à l'exécution des décisions prises par le Conseil; il fixe l'ordre du jour des séances du Conseil et entretient des relations entre les diverses Sociétés. Le président fait approuver les procès-verbaux des séances. Seul, le procès-verbal de la dernière séance peut être approuvé par correspondance.

Art. X. — Les moyens d'action de l'Association consistent:

En nomination de commissions chargées d'étudier les questions qui leur seront soumises par le Conseil.

En publication dans les journaux des sociétés affiliées ou en tout autre mode de publication qu'il conviendra au Conseil de choisir.

En conférences ou congrès.

Art. XI — Les frais généraux seront supportés par les sociétés affiliées au prorata du nombre de leurs membres.

Toutes les dépenses autres que les frais généraux ne seront imputables aux diverses sociétés que sous réserve d'un engagement personnel de ces sociétés.

Le secrétaire général soumettra à chaque session à l'approbation du Conseil le compte rendu financier de l'exercice écoulé.

Art. XII. — Les modifications aux présents statuts ne pourront être votées qu'à la majorité des deux tiers des membres du Conseil. Le vote par correspondance est encore admis dans ce cas.

Le bureau de l'Association internationale pour 1911-12 est

composé de MM. Prof. Dr W. *Ostwald*, Grossbothen, président; Prof. Dr H. *Wichelhaus*, Berlin, vice-président; Prof. Dr P. Prof. *Jacobson*, Berlin, secrétaire général.

Les sociétés suivantes font actuellement partie de l'Association internationale :

Deutsche chemische Gesellschaft : Geh. Rat Prof. Dr W. *Ostwald*, Grossbothen : Geh. Rat Prof. Dr H. *Wichelhaus*, Berlin; Dr P. *Jacobson*, Berlin.

Chemical Society of London : Prof. Dr Percy F. *Frankland*, Birmingham; Prof. Artbur W. *Crossley*, London; sir William *Ramsay*, London.

Société chimique de France : Prof. A. *Béhal*, Paris; Prof. Dr A. *Haller*, Paris; Prof. Dr M. *Hanriot*, Paris.

Société suisse de chimie : Le président de la société, Prof. Dr F. *Fichter*, Bâle; Prof. Dr Ph.-A. *Guye*, Genève; Prof. Dr A. *Werner*, Zurich.

American chemical Society : Prof. Th. W. *Richards*, Cambridge (Mass.); Prof. W. A. *Noyes*, Urbana (Ill.); Dr Arthur L. *Day*, Washington (D. C.).

Société russe de chimie : Prof. Dr P. J. *Walden*, Riga; Prof. Dr N. S. *Kurnakow*, St-Pétersbourg; Prof, Dr L. A. *Tschugaeff*, St-Pétersbourg.

Société italienne de chimie : Prof. E. *Paterno*, Rome; Prof. A. *Oglialoro*, Naples; Prof. G. *Carrara*, Milan.

Font également partie de l'Association internationale :

Deutsche Bunsen-Gesellschaft; Société de chimie-physique; Nederlandsche chemische Vereeniging; Polyteknisk Forenings Kemiker-gruppe, Cristiania; Verein Oesterreichischer Chemiker; Kemisk Forening Kjöbenhavn (société danoise).

D'après l'article 10 des statuts, les deux premières sociétés ne sont pas représentées au Conseil, quant à la représentation des quatre dernières sociétés, il sera statué dans une future séance du Conseil, à Berlin.

Ensuite d'une décision prise à Paris en 1911, le Conseil de l'Association a cherché à établir des règles internationales pour la nomenclature de la chimie inorganique et organique et pour la dénomination des constantes physiques. Des commissions spéciales ont été désignées dans ce but dans chaque pays. La Société suisse de chimie a nommé les commissions suivantes :

Pour la nomenclature de la chimie inorganique : A. *Werner* et V. *Kohlschütter*.

Pour la nomenclature de la chimie organique : A. *Pictet* et Fr. *Fichter*,

Pour la dénomination des constantes physiques : P. *Dutoit* et E. *Baur*.

Ces trois commissions ont adressé leur rapport, au 1er mars 1912, au bureau de l'Association.

Communications scientifiques

C. Mettler (Bâle). *Sur l'acide dichloro-dioxybenzoyl-benzoïque, sa transformation en tétra-chlor-fluorescéine et en dérivés de l'anthraquinone.*

Tandis que l'acide dibromo-dioxybenzoyl-benzoïque est connu et étudié depuis plusieurs années (Baeyer, *Ann.* 183, 24), la combinaison chlorée correspondante n'est pas connue. L'auteur a pu obtenir l'acide dichloro-dioxybenzoyl-benzoïque (F 222°) par l'emploi du chlorure de sulfuryle. Les propriétés de ce produit sont analogues à celles de la combinaison dibromée obtenue par décomposition de l'éosine par les solutions d'alcali caustique. En chauffant cet acide dichloré au-dessus de son point de fusion en présence d'agents de condensation, on obtient la tétra-chlor-fluorescéine encore inconnue :

OH OH
Cl Cl Cl Cl
—O—
C
O
C^6H^4—CO

La solution alcaline est identique à celle de l'éosine et la couleur sur soie paraît un peu plus jaune.

En condensant l'acide dichloro-dioxybenzoyl-benzoïque avec les acides borique et sulfurique, on obtient suivant la température deux combinaisons différentes, combinaisons qui par leurs réactions et leurs colorations avec l'acide sulfurique (jaune et rouge) sont reconnues comme la dichloro-xanthopurpurine I (F 236-238°) et la chloropurpurine II (F 270-273°).

CO OH Cl OH CO Cl

I

CO OH Cl OH CO OH

II

On peut distinguer ces produits en les fixant sur les bandes mordancées de Scheurer, la chloropurpurine se fixe sur alumine comme la purpurine en rouge. Par action des amines aromatiques

sur la dichloro-xanthopurpurine, puis sulfuration ultérieure, on prépare une série de matières colorantes analogues au bleu-noir d'alizarine.

C. Mettler (Bâle). *Sur quelques colorants acides de la série du naphtacène-quinone.*

L'auteur s'est proposé de rechercher si l'oxy-naphtacène-quinone préparé par Deichler et Weizmann (*Ber.* 36, 547 & 719. *Ber.* 38, 4015) est susceptible de former des matières colorantes.

Dans ce but, l'auteur a préparé la chlor-oxy-naphtacène-quinone par un nouveau procédé (D.R.P. 224538). Partant de l'acide oxy-naphtoyl-benzoïque (I), par traitement avec le chlorure de sulfuryle, il obtient le dérivé chloré (II) qui se laisse condenser facilement avec les acides borique et sulfurique en dérivés sulfonés de la chlor-oxy-naphtacène-quinone (III).

(I) → (II) →

(III)

Par action du nitrite sur l'acide oxy-naphtoyl-benzoïque, on obtient un dérivé nitrosé (IV) qui se réduit facilement en un dérivé aminé, qui, chauffé, se transforme en amino-oxy-naphtacène-quinone déjà connu (VI) (D.R.P. 223306 et 183629).

(IV) → (V) →

(VI)

Les dérivés sulfonés de l'oxy-naphtacène-quinone ne convien-

nent pas comme colorants acides pour laine parce qu'en présence d'alcali la coloration change, grâce au groupe hydroxyle libre.

L'auteur a trouvé qu'en chauffant les acides sulfonés de l'oxy-naphtacène-quinone avec une solution d'ammoniaque en autoclave à 120°, le groupe NH^2 peut être substitué au groupe OH (VII) → (VIII)

CO OH CO SO_3H → CO NH^2 CO SO^3H

(VII) (VIII)

L'acide amino-naphtacène-quinone-sulfonique ainsi obtenu ne présente plus le même inconvénient et forme un colorant pour laine de nuance rouge. De la même façon, les acides chloro-oxy et dioxy-naphtacène-quinone-sulfoniques forment le dérivé diaminé correspondant de couleur rouge-violette.

En chauffant l'oxy-naphtacène-quinone avec l'acide sulfurique fumant à 150° on obtient un acide trioxy-naphtacène-quinone-sulfonique qui, chauffé avec l'ammoniaque, donne un colorant violet (D.R.P. 239779).

A. Werner. *Sur de nouveaux isomères optiques de composés métalliques.*

Pour déterminer l'influence exercée par la nature de l'atome central sur le pouvoir rotatoire, il est indispensable de séparer les isomères optiques des séries de combinaisons formées par les différents métaux et d'étudier leurs propriétés optiques.

Les sels de triéthylène-diamine de la formule générale Me $en_3]X_3$ se prêtent à la comparaison des combinaisons du chrome et du cobalt.

La séparation des sels de triéthylène-diamin-cobalt $[Co\ en_3]X_3$, à l'aide des chlorures et des bromures-tartrates, a déjà été décrite. Des essais en vue de dédoubler les sels de triéthylène-diamine-chrome par la même méthode n'ont donné aucun résultat. Par contre, on a trouvé que les sels de l'acide camphornitronique, dérivé du camphre nitré, permettent une séparation extrêmement facile des isomères optiques. Le *d*-camphornitronate de *d*-triéthylène-diamin-chrome est difficilement soluble, tandis que le dérivé correspondant gauche est très soluble. Le pouvoir rotatoire moléculaire des sels de chrome est de même sens que celui des sels de cobalt, mais il est d'environ 200° plus petit.

Les combinaisons triéthylène-diamine d'autres métaux trivalents ne sont pas connues jusqu'à présent. En faisant agir l'éthylène

diamine sur l'hexachlorrhodiate de sodium $[RhCl_6]Na_3$, on forme des sels de triéthylène-diamine-rhodium qui sont parfaitement incolores. L'auteur a cherché à dédoubler ces derniers sels au moyen des méthodes utilisées pour les sels correspondants du cobalt et du chrome. Les deux méthodes (chlorure-tartrate et camphornitronate) ont donné des résultats positifs, toutefois la première méthode est préférable. Dans cette séparation, nous avons constaté que les sels peu solubles qui fournissent pour le cobalt et le chrome la série droite donnent la série gauche avec les sels de rhodium. L'ensemble des observations permet de conclure que pour les mêmes sels de chrome et de cobalt d'une part, de rhodium d'autre, le plan de polarisation est dévié en sens inverse, on remarque également que la déviation produite par les sels de chrome et de rhodium est approximativement la même en valeur absolue. L'auteur se propose de revenir sur la cause de ces différences du sens de rotation.

H. Rupe (Bâle) en collaboration avec Schobel et Abegg. *Sur la constitution du 3-méthyl-menthadiène.*

Par action de l'iodure de méthyl-magnésium sur la pulégone il se forme un hydrocarbure qui peut correspondre aux formules I ou II.

```
            CH3                                       CH3
             |                                         |
            CH                                        CH
    CH2—  /    \ —CH2                         CH2 /    \ CH
    CH2—  \    / —C = CH2          ou         CH2 |    || C — CH3
            C                                     \    /
            ||                                       C
     CH3 — C — CH3                                   ||
                                               CH3 — C — CH3
```

Le corps obtenu donne un monozonide qui forme avec l'eau l'acide cétonique

```
                          CH3
                           |
COOH — CH2 — CH2 — CH — CH2 — CO — CH3
```

qui se transforme par action de NaOBr en acide β-méthyladipique et avec HNO^3 en acide α-méthyl-glutarique. Cet acide cétonique se forme aussi par distillation de l'ozonide dans le vide ainsi que par traitement de l'hydrocarbure avec le permanganate dilué. Dans cette oxydation, on constate la fixation d'un atome O à un atome H. La formation de l'acide cétonique s'explique à partir des deux formules. La détermination de la réfraction donne une exaltation très petite et une dispersion faible, comme les acides α-benzyl-cinnamique, biben-zyl-acétique, α-benzyliden-phényl-butyrique et phényl-éthyl-benzyl-acétique. La rotation élevée de l'éther α-benzy-cinnamique

s'explique par l'hypothèse d'une inhibition dynamique, l'éther menthylique de l'acide benzyl-acétyl-acétique présente un phénomène analogue, son pouvoir rotatoire est également très élevé.

De nombreux dérivés des éthers menthyliques de l'acide acet-acétique et benzoyl-acétique ont été examinés. L'éther menthylique de l'acide phényl-acét-acétique, qui cristallise très bien, dévie à droite ; en solution benzénique, la déviation change de signe ; ce fait s'explique par la transposition de la forme cétonique dans la forme énolique.

Le pouvoir rotatoire des éthers de la carvoxine présente en général plus de régularité que les éthers de menthol ; l'introduction d'un radical négatif le diminue constamment. Il est probable que la carvoxine ne contient qu'un atome de carbone asymétrique.

H. Rupe (Bâle) avec Kerkovius. *Sur l'éther menthylique de l'acide α-phényl-hydrocinnamique.*

L'acide α-phényl-hydrocinnamique éthérifié par le menthol donne deux éthers menthyliques.

$$[a]_D - 86°, \text{ FP } 60\text{-}62° \quad \text{et} \quad [a]_D - 21°, \text{ FP } 100\text{-}101°.$$

Par saponification de ces éthers on obtient deux acides inactifs, dont le pouvoir rotatoire est tout au moins très faible.

Pour prouver que l'acide phényl-hydrocinnamique par éthérification avec le menthol est séparé en ses deux formes optiquement actives, on a séparé cet acide avec la strychnine. Par éthérification des deux acides avec le menthol, on a obtenu le même éther que celui formé directement par l'acide droit.

H. Rupe (Bâle) avec Ahner, Haussler, Wolfsleben et Leuzinger. *Nouvelle contribution à l'étude des relations entre la constitution et le pouvoir rotatoire.*

Les auteurs ont étudié et comparé les propriétés optiques des éthers menthyliques des acides triméthyl- et triphénylacétique.

Georges Baume (Genève). *Courbes de fusibilité de quelques systèmes binaires volatils.*

Après avoir rappelé l'origine de ses recherches et le principe de la méthode qu'il a établie pour en assurer l'exécution satisfaisante, l'auteur répartit en quatre groupes les résultats qu'il a obtenus jusqu'à ce jour[1] : 1° solutions solides ; 2° hydrates de gaz

[1] Dans cet exposé, l'auteur a négligé volontairement de mentionner les systèmes normaux qui présentent un seul eutectique, sans maximum du liquidus, et qui ne peuvent être rattachés à l'un des trois derniers groupes.

solubles ; 3° systèmes oxoniens (l'oxonien choisi a été l'*oxyde de méthyle*) ; 4° combinaisons moléculaires directement reliées au mécanisme des réactions de substitution et se rapportant principalement à le chimie des alcools (l'alcool employé a été *l'alcool méthylique*). Ces trois derniers groupes présentent d'ailleurs un lien commun : CH_3OH et $(CH_3)_2O$, considérés comme des eaux substituées, se comportent dans leurs combinaisons moléculaires comme l'eau elle-même, qui, tantôt acide, tantôt basique, forme des hydrates aussi bien avec HCl ou SO_4 (G. Baume et A. Tikociner) qu'avec NH_3. Il suffit de mentionner les combinaisons :

$CH_3OH + HCl$	$(CH_3)_2O + HCl$ (Friedel)
$CH_3OH + SO_2$	$(CH_3)_2O + SO_2$
$CH_3OH + NH_3$	$(CH_3)_2O + NH_3$

L'auteur termine son exposé en résumant les dernières recherches qu'il a effectuées sur ce sujet, en collaboration avec M. le Dr G.-P. Pamfil et M. Georgitsès :

En collaboration avec M. Georgitsès, l'auteur a étudié la courbe de fusibilité des trois systèmes :

$$H_2S - HCl, \quad C_2H_6 - HCl, \quad CH_3.CH_2.CO_2H - HCl.$$

Le liquidus du système H_2S — HCl, parfaitement continu, caractérise l'existence de solutions solides en toutes proportions des deux constituants ; il présente à —117°5 un minimum qui indique une composition identique des deux phases en équilibre en ce point.

Le liquidus du système C_2H_6 — HCl présente un point d'inflexion à tangente horizontale extrêmement prononcé à 126°2 ; ce système semble réaliser l'un des exemples les plus nets du type I*a* de Roozeboom-Ruer (solutions solides).

Le système acide propionique —HCl n'a pu être étudié dans toute son étendue, par suite de la formation de verres incristallisables pour toutes les concentrations moléculaires comprises entre 40 et 60 % HCl ; mais l'impossibilité de raccorder entre elles les deux régions du diagramme, accessibles a l'expérience, permet de conclure à l'existence d'une combinaison moléculaire dont la composition la plus probable est

$$[CH_3.CH_2.CO_2H + HCl].$$

Son principal intérêt est d'expliquer la formation des chlorures d'acides à partir de HCl et de l'acide correspondant en présence d'un déshydratant.

Après avoir contrôlé et confirmé quelques points relatifs aux recherches précédentes, MM. Baume et Pamfil se sont proposés d'étudier, selon les idées modernes, le mécanisme du rôle de HCl

dans l'éthérification : cette action doit se manifester par l'existence d'une combinaison moléculaire entre l'alcool, l'acide organique et HCl. Or, en étudiant successivement les systèmes :

$$C_2H_5CO_2H - CH_3OH, \; [C_2H_5CO_2H + HCl] - CH_3OH; \; [CH_3OH + HCl]^{1} - C_2H_5CO_2H$$

les auteurs ont constaté que :

1° le diagramme $C_2H_5CO_2H$ — CH_3OH est normal, sans combinaison. Il se trouve donc tout entier dans la zone dite d'*indifférence*, que présente tout système chimique à des températures suffisamment basses.

2° le diagramme [$C_2H_5CO_2H + HCl$] — CH_3OH donne une combinaison moléculaire caractérisée par un maximum extrêmement net qui correspond à la formule prévue :

$$C_2H_5CO_2H + HCl + CH_3OH$$

Le système se trouve donc dans la zone dite d'*addition*, aux températures de ces recherches.

3° Enfin, le système [$CH_3OH + HCl$] — $C_2H_5CO_2H$ a donné un diagramme de fusibilité incohérent, montrant qu'à ces températures le système étudié se trouvait déjà dans la zone de *substitution*. Des essais directs ont entièrement confirmé cette manière d'interpréter les résultats obtenus : le même exemple peut donc, selon les conditions de l'expérience, être successivement rattaché à l'une des trois zones de l'action chimique (indifférence, addition, substitution), qui peuvent se présenter dans de telles recherches.

Georges Baume (Genève) communique divers résultats nouveaux obtenus au cours de ses *recherches sur les courbes de fusibilité des systèmes binaires très volatils* (gaz).

Les systèmes HCl — H_2S et HCl — C_2H_6, étudiés avec M. Georgitsès, ont donné des solutions solides en toutes proportions des deux constituants ; ce dernier système semble, de plus, réaliser un exemple extrêmement net du type I*a* de Roozeboom-Ruer.

En collaboration avec M. G. Pamfil, l'auteur a terminé l'étude du système *acide propionique —HCl* (qui donne une combinaison moléculaire $C_2H_5.CO_2H + HCl$, premier stade de la formation des chlorures d'acides) et mis en évidence le mécanisme de l'action catalysatrice de HCl dans l'éthérification des acides organiques par les alcools.

[1] Cette combinaison, signalée par Mac Intosh, a été nettement caractérisée par MM. Baume et Pamfil, au cours de recherches antérieures.

J. SCHMIDLIN et A. GARCIA-BANUS (Zurich). *Action de la lumière sur le triphényl-méthyle.*

En exposant à la lumière directe du soleil une solution de triphényl-méthyle on obtient un mélange de substances complexes ; au contraire, à la lumière diffuse il se forme dans la solution décolorée du triphténvl-méthane et du didiphénylène-diphényléthane, d'après l'équation :

$$6(C^6H^6)^3C = 4(C^6H^5)^3CH + \ldots$$

J. SCHMIDLIN et A. GARCIA-BANUS (Zurich). *Tautomérie de composés organo-magnésiens.*

Tiffeneau et Delange ont montré récemment que le chlorure de benzyl-magnésium I vis-à-vis de l'aldéhyde formique se comporte comme s'il était le chlorure de o-tolyl-magnesium II. On peut démontrer que le chlorure de benzyl-magnesium passe par tautomérie dans la forme tautomère III.

CH_2MgCl (I) — MgCl, CH_2 (II) — H, MgCl, CH (III)

Au moyen de l'aldéhyde benzoïque on trouve que, suivant les conditions de concentration, on obtient l'une ou l'autre des formes tautomères.

En laissant tomber goutte à goutte l'aldéhyde benzoïque dans la combinaison magnésienne, il se forme presque quantitativement le produit normal, hydrate de toluylène. Si, au contraire, on ajoute la combinaison magnésienne à l'aldéhyde benzoïque, on obtient, à côté du précédent, environ 50 % de la forme tautomère et quinoïdique.

La forme quinoïdique III présente deux pôles pour la fixation de la benzaldéhyde, le produit intermédiaire quinoïdique IV se transforme en un glycol V et celui-ci en anhydride de diphénylisochromane VI. La constitution de ce dernier a été établie par l'étude des produits d'oxydation :

OMgCl, H, $CH-C^6H^5$, H, $CH_2COC^6H^5$ (IV) → C^6H^5, $CH-OMgCl$, HO, $CH_2-CH-C^6H^5$ (V) $- H^2O$ →

C^6H^5
|
CH
O
CH – C^6H^5
CH_2
(VI)

Les faits constatés par les auteurs sont d'autant plus justifiés que par l'action de l'aldéhyde benzoïque sur le mélange obtenu des composés magnésiens, il ne se produit aucune réaction et que dans ce cas il ne se forme que l'hydrate de toluylène.

J. Schmidlin et R. Lang (Zurich). *Combinaisons organiques moléculaires comme premier terme de réaction.*

La condensation aldéhydique de Baeyer se pose de différentes façons. Ceci s'explique directement par la formation de combinaisons moléculaires.

Exemple : *m*-nitrobenzaldéhyde-benzène (proportions 1 : 2), *m*-nitrobenzaldéhyde-phénol (aucune combinaison moléculaire, aucun produit de condensation), *p*-oxybenzaldéhyde-phénol (2 : 2), benzhydrol-benzène (1 : 1), benzhydrol-phénol (1 : 1, 1 : 2).

Dans la synthèse de Friedel et Crafts l'analyse thermique ne découvre aucune combinaison binaire (bromoforme-benzène, nitrobenzyl-chlorure-benzène), il doit se former, dans ce cas, des combinaisons ternaires (halogènealkyle-benzène-$AlCl^3$).

P. Pfeiffer (Zurich). *Combinaisons des sels neutres des amino-acides.*

L'auteur, en collaboration de v. Modelski, a cherché à préparer des combinaisons de sels neutres (sels alcalins et alcalino-terreux) avec les amino-acides et les polypeptides. Il a pu obtenir un grand nombre de produits d'addition bien cristallisés. Ces combinaisons isolées sont nettement caractérisées et présentent de l'intérêt pour la chimie physiologique. On peut représenter ces produits par la formule générale :

$$R<^{COO\ Me}_{NH_3\ X.}$$

Les dérivés du glycocolle ont été étudiés d'une manière approfondie. Ce corps forme avec les halogénures des métaux alcalino-terreux et du M*g* des combinaisons d'addition correspondant à la formule MeX_2 2 NH_2CH_2COOH, et H_2O ; la combinaison avec $LaCl_3$ correspond à $LaCl_3$, 3 NH_2CH_2COOH, 3 H_2O ; avec de $LiCl$ et $LiBr$ il se forme les deux combinaisons LiX, NH_2CH_2COOH, H_2O et LiX, 2 NH_2CH_2COOH, H_2O.

L'alanine et la glycylglycine donnent des réactions analogues.

La plupart de ces corps cristallisent dans l'eau acidulée d'acide acétique, sans décomposition.

En proposant la formule générale ci-dessus indiquée l'auteur suppose une neutralisation complète, dans ces combinaisons, du groupe basique ainsi que du groupe acide des amino-acides et des polypeptides.

Ces substances jouent sans doute un certain rôle dans le sérum du sang. La solubilité des globulines dans les solutions salines étendues doit être due à la formation de combinaisons d'addition analogues. L'auteur suppose enfin que la substance des os représente une combinaison du même ordre de sels de chaux avec les corps albuminoïdes.

O. Billeter. *Contribution à la recherche de l'arsenic.*

Pour la recherche de très petites quantités d'arsenic, l'auteur emploie le produit de la distillation avec l'acide chlorhydrique au moyen d'un courant de monoxyde de chlore. Le résidu d'évaporation de la solution aqueuse qui en résulte représente l'acide arsénique sans perte et débarrassé de tout autre corps.

Les essais faits par Mlle L. Bulyghin ont démontré les avantages de la méthode.

Dans l'appareil de Marsh, nous nous sommes servis de zinc électrolytique, le seul trouvé parfaitement exempt d'arsénic.

M. Ph.-A. Guye donne communication de la note suivante, envoyée par M. O. *Scheuer* et concernant des recherches faites par ce dernier à Paris :

Otto Scheuer. *Revision de la densité des gaz* SO_2 *et* NH_3 *et nouvelles déterminations du poids atomique de l'azote.*

Au cours de ses recherches sur les gaz et leurs mélanges binaires, que l'Académie impériale des Sciences a bien voulu subventionner, l'auteur a été amené à déterminer la densité de SO_2 et de NH_3, en vue de contrôler la pureté des gaz étudiés par la méthode dite du ballon. Les deux ballons employés jaugeraient 0,33794 l., resp. 0,45063 l.)

Comme gaz SO_2, il utilisait soit du gaz commercial, soit celui obtenu par l'action de H_2SO_4 sur de l'Argent. Le gaz NH_3 a été préparé par l'action de KOH sur NH_4Cl, exempt de bases organiques, puis séché sur du sodium purifié (sodammonium). Les deux gaz ont été finalement purifiés par distillations fractionnées.

Pour SO_2, on obtenait en huit séries d'expériences avec 16 résultats, dont 10 avec le gaz commercial, pour le poids du litre normal 2,9267 et pour NH_3 en quatre séries, avec huit résultats, le

nombre 0,77077. Ces valeurs concordent à 1/30 000 près avec les meilleures déterminations modernes.

Étant donné que les méthodes de calcul physico-chimiques pour la détermination des poids atomiques, à partir des densités de gaz facilement liquéfiables, possèdent quelques lacunes, l'auteur signale seulement que la valeur 2,9267 de SO_2, d'après le mode de calcul de M. Leduc, donnerait pour le soufre 32,067, valeur en bon accord avec la valeur internationale.

Vu le grand intérêt que possède à l'heure actuelle la connaissance précise du poids atomique de l'azote, l'auteur l'a déterminé par des synthèses de N_2O_4 et de N_2O_3, en partant de NO et O et par l'analyse des deux premiers corps. Cette méthode qui a été utilisée pour la première fois par l'auteur permet de comparer directement par synthèse l'azote à l'oxygène.

Les synthèses ont été effectuées de trois manières suivantes :

1° Une quantité exactement connue de NO a été combinée à la quantité de O nécessaire à la formation de N_2O_4, dans un appareil pesé vide et rempli du gaz formé, ce qui donne le rapport O : NO.

2. Le gaz obtenu par 1. a été combiné dans le même appareil à la quantité nécessaire de NO pour le transformer intégralement en N_2O_3 (Rapport de O : 2NO).

3. Le N_2O_3 obtenu par la réaction 2. ou une quantité de ce gaz spécialement préparé a été oxydé en N_2O_4, donnant ou le rapport O : NO ou O : N_2O_3.

Ces synthèses comportent comme principale difficulté la solubilité de l'O dans N_2O_4 et de NO dans N_2O_3 qui, cependant, se laisse éviter par des procédés appropriés. Cette grande solubilité laisse soupçonner l'existence de composés moléculaires entre les gaz indiqués, question que l'auteur se réserve d'étudier.

Les analyses de N_2O_4 et de N_2O_3, effectuées par la méthode déjà utilisée par M. Ph.-A. Guye et ses collaborateurs et par M. Gray, ont été faites avec du gaz obtenu par les synthèses nommées ou préparé spécialement. L'analyse de N_2O_4 avait déjà été faite par MM. Guye et Drouginine, tandis que celle de N_2O_3 n'avait pas encore été tentée.

Les résultats obtenus sont :

Ad 1	N = 14,0075 ± 0,0005	[4 déterminations]
Ad 2	N = 14,0077 ± 0,0004	[4 »]
Ad 3	N = 14,0079 ± 0,0005	[4 »]
Analyse de N_2O_4 .	N = 14,0085 ± 0,0005	[4 »]
Analyse de N_2O_3 .	N = 14,0086 ± 0,0004	[5 »]

La moyenne des 21 déterminations donne 14,008 ± 0,0002, comme poids atomique de l'azote.

M. Guye communique ensuite les résultats de déterminations faites par M. Eug. Wourtzel, au laboratoire de chimie physique

de l'Université de Genève, *sur la valeur du rapport NO : O* ; ces expériences ont été exécutées en pesant, dans un tube contenant du N_2O_4, un poids déterminé de NO, puis le poids de gaz O nécessaire pour transformer NO en N_2O_4. M. Wourtzel déduit de la moyenne de cinq expériences la valeur N = 14,007 pour le poids atomique de l'azote.

Ed. Schaer (Strassbourg). *Observations sur la propagation de l'amygdaline.*

D'une manière provisoire on peut classer les glucosides nitrilés en trois groupes, suivant leur propagation naturelle et leurs produits de scission. Cette dernière à côté de glucose et de HCN donne naissance à :

1. l'aldéhyde benzoïque. Glucosides des Rosacées, spécialement des Prunacées et des Pomacées.

2. l'acétone. Glucosides des Linacées, Euphorbiacées (Hevea, Manioc, etc.) et de quelques Léguminoses (Phaseolus).

3. des dérivés aromatiques aldéhydiques et cétoniques de constitution inconnue. Glucosides des Bixacées (Pangium, Hydrocarpus, Gynocardia, etc.), d'autres Léguminoses (Lotus) et autres plantes.

L'amygdaline n'a été isolée que des plantes de la famille des Rosacées, mais l'existence d'une part de plusieurs isomères de ce corps (par exemple l'isoamygdaline de Dakin, qui dérive probablement du complexe nitrilé racémique, la stéramygdaline de Tutin, dérivé du cyanehydrine de l'aldéhyde benzoique) et celle, d'autre part, du prutaurasine (isomère du glucoside nitrilé de l'acide amygdalique) dans le laurier-cerise, donc dans une prunacée et de la Sambunigrine dans un Sambucus (Caprifoliacée), ont soulevé la question, si, d'une façon générale, le glucoside des Rosacées est de la véritable amygdaline, et si celle-ci est le seul glucoside de cette famille de plantes.

Après que M. Jonck, de l'Institut pharmaceutique de Strassbourg, ainsi que d'autres savants, avaient déjà isolé de l'amygdaline des noyaux de pêches, abricots, prunes, cerises, pommes et coings, M. le Prof. Rosenthaler, de Strasbourg, a résolu la question mentionnée dans un sens affirmatif, pour ces six espèces de grains. Les noyaux de poires, contenant d'après des recherches récentes de l'arbutine, n'ont pas été soumis à l'examen, car ils ne dégageaient que des traces minimes de HCN.

M. Rosenthaler a déterminé les propriétés suivantes des six espèces de glucosides susindiqués : 1. Point de fusion ; 2. pouvoir rotatoire spécifique ; 3. poids moléculaire ; 4. teneur en azote ; 5. sens du pouvoir rotatoire de l'acide amygdalique obtenu par saponification des glucosides par l'acide chlorhydrique.

Les six glucosides concordaient dans toutes leurs propriétés entre elles avec celles de l'amygdaline des amandes amères. Les substances commençaient à fondre à 200° et la fusion était complète à 210°. Le pouvoir rotatoire variait entre $(\alpha)_D = 41,19$ et 41,95 ; le poids moléculaire (amygdaline = 457), déterminé avec l'appareil de Beckmann par cryoscopie dans l'eau et le phénol, comme dissolvants, variait entre 408,7 et 453,6.

La teneur en azote (amygdaline 3,1 °/₀) était de 3,03 à 3,22 °/₀. Le pouvoir rotatoire de l'acide amygdalique avait été trouvé gauche dans tous les cas. L'identité des glucosides des six espèces de noyaux avec celui des amandes amères n'est donc pas douteuse.

Les eaux-mères alcooliques, après élimination de l'amygdaline, par la méthode de Hérissy par ébullition avec de l'éther acétique anhydre, ne contenaient pas d'autres glucosides du type nitrilé. Dans l'eau-mère des grains d'abricotier seule, des faibles quantités d'une substance cristallisée, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, ont pu être isolées. Ce n'était d'ailleurs pas un glucoside.

G. Jantsch (Zurich). *Glycolates de terres rares.*

On sait que la ressemblance extraordinaire des terres rares et de leurs combinaisons entraîne des difficultés considérables lors de la séparation de leurs éléments.

Dans quelques cas, on a réussi à séparer des éléments très rapprochés, lorsque ceux-ci se trouvaient à l'état de complexes internes, et c'est dans ce but que l'auteur a essayé de préparer une série de glycolates internes de différentes terres rares correspondant à la formule générale :

$$Me \genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup}{\ddots} \left(\begin{array}{l} OOC \\ \quad | \\ O - CH_2 \\ H \end{array} \right)_3$$

Jusqu'à présent, les corps suivants ont été obtenus :

$La(C_2H_3O_3)_3$; $Pr(C_2H_3O_3)$; $Nd(C_2H_3O_3)_5$; $Sm(C_2H_3O_2)_3$; $Gd(C_2H_3O_3)_3 2H_2O$; $Y(C_2H_3O_2)_3.2H_2O$.

La conductivité électrique des solutions de ces corps démontre que ceux-ci sont à considérer comme complexes métalliques internes, car elle est sensiblement inférieure à la conductivité des acétates et phénylacétates des éléments correspondants. Ils sont cependant aussi dissociés dans une certaine mesure.

Les différences considérables des solubilités de ces corps permettent de procéder à leur séparation par précipitation fractionnée avec du glycolate de sodium. Des résultats satifaisants ont été obtenus surtout pour des mélanges de terres rares riches en yttrium.

Oskar Baudisch et Nicolaus Kareeff. *Sur l'o-Nitrosophénol.* Les propriétés de l'o-nitrosophénol ou de l'o-chinone-oxime présentent un intérêt particulier, car il est à supposer que ce corps forme une série de complexes internes dans le sens de la théorie de Werner.

Pour préparer ce corps, les auteurs n'ont pas suivi la voie indiquée par Ad. Baeyer et Ed. Knorr (*B.*, Bd. 35, 3034). Ils sont partis de l'o-nitrophénol I en l'estérifiant avec du p-toluènesulfochlorure.

OH, NO_2 (I) → $O.SO_2C\ H_4CH_3$, NO_2 (II) → $O.SO_2C_6H_4CH_3$, $NHOH$ (III)

Cet ester II par réduction forme un ester hydroxylamino-phénylique de l'acide toluènesulfonique III qui est un corps très stable cristallisant en aiguilles blanches. Celui-ci avait été nitrosé en solution ammoniacale avec du nitrite d'amyle, donnant ainsi le corps IV :

$O.SO_2C_6H_4CH_3$, $-N<^{NO}_{ONH_4}$

IV

qui fut saponifié à l'aide de NaOH.

L'o-oxy-nitrosophénylhydroxylaminosodium

OH, $-N<^{NO}_{ONa}$

dissous dans l'eau, acidulée à l'acide métaphosphorique, est additionné d'acétate de cuivre. Il précipite un complexe interne cuivrique gris correspondant à la formule V :

OH, $-N<^{NO}_{O}>Cu<^{NO}_{O}>N-$, OH

Cette substance est facilement soluble dans l'eau et dans presque tous les dissolvants organiques. Ces solutions ont une coloration bleue-verdâtre. Dissout dans l'éther, le benzène, l'éther acétique et dans d'autres liquides organiques, la coloration vire peu à peu au rouge foncé, déjà à la température ordinaire, et plus rapidement à chaud. La ligroïne y précipite alors un corps cristallisé

presque noir, en même temps qu'il se dégage des vapeurs rouge-brun de N_2O_3. Le sel cuprique gris se transforme donc même dans des dissolvants indifférents et à la température ordinaire, quantitativement en un autre complexe interne cuprique noir, de la constitution VI

O - - - - - - - - - - - - - - - - - - - O

=N – O – Cu – O – N =

VI

et qui est le sel de l'o-nitrosophénol cherché.

En portant à l'ébullition le complexe o-nitrosophénol-cuprique avec du lait de chaux, on obtient le sel correspondant de calcium à l'état de croûtes rouges à éclat vert-doré. On peut isoler quantitativement l'o-nitrosophénol de son sel de chaux en extrayant la solution aqueuse de ce dernier, acidulée d'un acide minéral, par de l'éther de pétrole qui prend dans ce cas une coloration vert-émeraude. La séparation de l'o-nitrosophénol de son dissolvant est difficile à cause de sa volatilité. Dans le vide, il s'évapore en même temps que l'éther de pétrole. On l'obtient par contre en forme de petites aiguilles jaune-verdâtres en laissant évaporer l'éther sur un verre de montre à l'air.

L'o-nitrosophénol ou o-chinone-oxime a une odeur très piquante. Il est facilement soluble dans tous les dissolvants organiques, leur communiquant une coloration verte. Cette coloration vire au rouge-sang foncé en présence de traces de cuivre. Le corps possède une tendance très marquée à former des complexes internes. Les auteurs ont isolé et analysé les sels de cuivre, fer, cobalt et manganèse.

En oxydant au moyen de PbO_2 ou de Ag_2O l'éther o-hydroxylaminophénylique de l'acide p-toluènesulfonique mentionné, on obtient la combinaison nitrosée correspondante

$OSO_2C_6H_4$ NHOH → $OSO_2COH_4CH_2$ NO

qui, saponifiée par du lait de chaux, fournit directement le sel de chaux de l'o-nitrosophénol avec bon rendement.

A. Birtrzycki (Fribourg). *Sur des essais nouveaux de décarbonylation.*

En collaboration de M. Léon Ryncki, l'auteur continue à étudier la décarbonylation des aldéhydes par l'acide sulfurique, travail commencé avec M. Fellmann (*Ber*. 43, 772, 1910). La réac-

tion n'a lieu qu'à haute température (optimum à 150° environ); elle ne fournit que rarement la quantité calculée de CO. et conduit — suivant ce qui a été observé jusqu'à présent — à des mélanges d'acides sulfoniques difficiles à séparer. Comme méthode de préparation, la décarbonylation des aldéhydes a l'importance de celle des acides tertiaires. Elle est par contre intéressante en tant qu'elle permet de reconnaître les solidités variables d'un cas à l'autre avec lesquelles les groupes aldéhydiques sont fixés au reste des molécules dans les conditions choisies de la réaction. L'aldéhyde benzoïque ne fournissait que 3.3 % d'oxyde de carbone à 170°. L'introduction de groupes méthyle, hydroxyle, méthoxyle, en position para par rapport au groupe aldéhydique favorise le détachement de celui-ci. Les mêmes substituants en position méta ont une influence nulle ou même défavorable sur la réaction. Le chlore et le groupe NO_2 en position *o* ou *p* ne modifient que très peu ou pas du tout la mobilité du groupe aldéhydique. Les dérivés d'aldéhydes, comme les aniles, oximes, phénylhydrazones, rendaient relativement moins de CO que les aldéhydes correspondants. Les aldéhydes phtaliques émettaient extraordinairement peu de CO (p. ex. 1 % au lieu de 41.6 %). Le furfurol par contre en dégageait beaucoup (21 %). L'aldéhyde cinnamique, ainsi que les aldéhydes aliphatiques simples ne dégageaient que peu de CO, tandis que le chloral en émettait en chiffre rond 22 % (au lieu de 16.9). Enfin, quelques cétones cycliques ne rendaient que de très faibles quantités de CO.

Fr. Fichter (Bâle). *Deux expériences de cours.*

1. Un petit transformateur de grande section de fer à 80 tours primaires, permet avec 30 A d'un courant de 110 V de chauffer au rouge vif un anneau de cuivre de 10 mm. d'épaisseur servant de conduite secondaire unique. On peut démontrer par là le principe des fours à acier à induction.

2. On place dans un becher, rempli d'acide sulfurique dilué, une électrode de charbon et une électrode de fil de platine recouvert d'une courte éprouvette. Lors d'une électrolyse avec courant alternatif l'éprouvette se remplit de gaz tonnant qui s'allume à l'étincelle d'interruption se produisant grâce à l'abaissement du niveau du liquide. Le gaz disparaît alors complètement et l'éprouvette se remplit de nouveau de liquide, après quoi le jeu se reproduit automatiquement.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 7 mars 1912

Th. Tommasina. Nouvelles recherches sur les ions.

M. Th. Tommasina communique quelques nouveaux résultats de ses recherches de laboratoire en collaboration avec M. Ed. Sarasin, sur les modifications que subissent les courants de ions dans les enceintes radioactives, constituant le champ d'un condensateur, selon le signe des charges, les écrans qu'ils traversent, la nature ou l'état des surfaces des enceintes et les changements de température.

Ces recherches sont poursuivies comparativement sur l'air ionisé à la pression atmosphérique contenu dans les enceintes dont la radioactivité induite est à évolution rapide, sur l'air ionisé, toujours à la pression atmosphérique, produit par le dépôt actif des enceintes dont la radioactivité est à évolution très lente, et enfin sur de l'émanation transvasée dans des enceintes non activées. Ces résultats seront complétés et publiés.

Séance du 21 mars

Th. Tommasina. La théorie électrique de la gravitation.

M. Th. Tommasina. *La théorie électrique de la Gravitation d'après Walther Ritz.*

Je n'examine dans cette Note que les idées de Walther Ritz, que je considère comme fondamentales, parce qu'elles montrent qu'en conservant l'attraction, c'est-à-dire les actions à distance, au lieu de les remplacer par les pressions dues aux fonctions transmettrices nécessaires du milieu, Ritz ne pouvait donner de la

Gravitation, une théorie électromagnétique, mais simplement une théorie électrique, en remplaçant l'attraction newtonienne par l'attraction électrique, tandis que la théorie électromagnétique remplace toutes les deux par les pressions du milieu qui contient la vraie activité mécanique universelle, sous forme électromagnétique, celle qui donne lieu aux phénomènes de la lumière et de la chaleur rayonnante. Dans son Mémoire de 1909 *La Gravitation*[1] Ritz commence par reconnaître qu'après la découverte de la loi, *ni Newton, ni ses contemporains ne considérèrent la question comme épuisée, car une action à distance sans intermédiaire, donc une action instantanée à toutes les distances, répugnait aux esprits,* dit-il, et il ajoute, *que cette répugnance, qu'on constate encore de nos jours, est l'expression d'un sentiment profond de l'unité des forces physiques, qui, dans leur extrême diversité, ont toujours besoin d'un certain temps pour manifester leur action.* Ritz déclare qu'on ne peut songer à aborder par une expérience directe la question de la vitesse de propagation de la Gravitation comme on l'a fait pour la lumière et l'électricité. C'est que Ritz en admettant, quand même, les actions à distance doit renoncer, forcément à cause de cela, à chercher une explication mécanique ; il pense *qu'on peut se poser la tâche plus modeste*, et peut-être, pour l'instant du moins, plus féconde, dit-il, en aperçus et en conséquences nouvelles, *de réduire la Gravitation aux actions électriques.* Bien que la propagation de cette force dans un temps fini reste pour lui problématique, comme il le dit dans sa conclusion, il admet ici qu'on sera ainsi amené à attribuer à la Gravitation une vitesse de propagation égale à celle de la lumière, et à compléter la loi de Newton par de nouveaux termes dépendant des vitesses et des accélérations. Ritz ne tenait pas compte du fait, expérimentalement établi et d'importance capitale, qu'il existe dans l'espace une activité physique qui est soumise à la même loi, c est la pression de radiation qui est, elle aussi, inversement proportionnelle au carré des distances, ce qui suffit pour établir que la vitesse de propagation de la Gravitation ne peut pas être différente de celle de la lumière.

Voici, textuellement, comment et d'après quelles vues Ritz envisage la question :

« Pour réduire la Gravitation aux actions électriques, Mossotti, Zöllner, puis Lorentz ont proposé d'admettre que l'*attraction des charges de signe contraire est un peu plus grande que la répulsion des charges de même signe.* Un atome d'hydrogène,

[1] Rivista di Scienza *Scientia*, vol. V. Anno III (1909), nº X-2, p. 152-165.

par exemple, résultant, dans les vues actuelles, de la réunion d'une charge négative et d'une charge positive égale, deux atomes, placés à une distance grande par rapport à leurs dimensions, n'exerceraient l'un sur l'autre aucune action proportionnelle à l'inverse du carré des distances, d'après les lois ordinaires de l'Electrostatique; d'après l'hypothèse nouvelle, *la compensation des actions attractives et répulsives ne serait plus complète.* La charge et la masse d'un ion d'hydrogène étant connues, du moins approximativement, on peut calculer de combien diffère l'attraction des ions de signes contraires de la répulsion des ions de même signe; cette différence est extrêmement petite, elle n'est que de 10^{-34} pour cent. *Les forces de Gravitation sont donc extrêmement faibles par rapport aux forces électriques qui se produiraient s'il nous était possible de séparer complètement les électricités intimement unies dans les corps.* Nous n'y réussissons que dans une mesure relativement très faible par le frottement, etc. *Une si minime dissymétrie, mais dont l'existence serait supposée hors de doute, serait bien contraire à nos sentiments esthétiques, si j'ose m'exprimer ainsi. Et en réalité, il suffit d'un petit changement de notations, pour être ramené à la superposition de deux forces, l'une électrostatique dans le sens ordinaire, l'autre gravifique.* Il n'y a donc dans cette hypothèse de Mossotti qu'un changement purement verbal; ce qu'elle énonce de positif, c'est qu'il convient d'appliquer à la Gravitation les lois de l'électrodynamique en remplaçant les charges par des masses. Seulement *il faudra attribuer aux corps une certaine conductibilité par rapport à la Gravitation; il existera en principe des écrans*». Je m'arrête ici dans ma citation du texte de Ritz, pour faire observer que ces écrans n'existent pas seulement en principe, mais en réalité, car on ne peut envisager autrement la gravitation des corps, dès qu'on sort des considérations abstraites pour étudier le phénomène dans sa nature physico-mécanique, dès qu'on fait intervenir le milieu actif de l'espace qui transmet la lumière et la chaleur. En effet, en étudiant le phénomène de la Gravitation universelle, pour tâcher d'établir si une explication électrique lui est applicable, tel est le but du travail de Ritz, il ne faut pas transporter ce phénomène dans un champ imaginaire, il ne faut pas le sortir du monde réel, il faut, au contraire, tenir compte des autres phénomènes qui existent avec lui toujours et partout, dont le plus important est le rayonnement de la lumière et de la chaleur, rayonnement qui remplit tout l'espace sans discontinuité et sans arrêt possible. Or, l'activité électromagnétique du milieu montre que les atomes sont pondérables précisément parce qu'ils fonctionnent comme des écrans; en effet, ils doivent agir comme des écrans pour être pondérables, et ils agissent

comme des écrans, parce que leur constitution est aussi électromagnétique, étant électromagnétique, l'activité qui maintient leur existence, ou leur stabilité *formale,* d'après la théorie électronique.

De même le *postulatum* de Lorentz, dont parle Ritz au début du fragment que je viens de citer : *que pour réduire la Gravitation aux actions électriques, il faut que l'attraction des charges de signe contraire soit un peu plus grande que la répulsion des charges de même signe,* peut être également tiré de l'activité électromagnétique du milieu, car cette activité élimine toute force abstraite, élimine les forces attractives et répulsives à distance sans support matériel, et explique les attractions apparentes, ou mieux fictives, par des diminutions de pression dues aux écrans, et les répulsions par la pression directe.

D'après cela, la nature mécanique de l'activité du champ qui rapproche deux charges de signe contraire n'est pas, forcément, identique à la nature de celle qui éloigne l'une de l'autre deux charges de même signe. La valeur de cette dernière peut donc être un peu plus petite que celle de la première. En effet, d'après la théorie électronique, les deux mécanismes diffèrent en ceci : que dans le cas de charges de signes contraires, leurs lignes de force se réunissent bout à bout pour donner passage au courant d'électrons dirigé de la charge négative à la positive ; tandis que dans le cas de charges de même signe, soient-elles positives ou négatives, leurs lignes de force, au lieu de s'ajouter, ne se rencontrent point, parce qu'elles se repoussent et se recourbent. Il faut naturellement envisager ces lignes de force, non pas comme des images abstraites, de purs symboles, mais comme les directions suivant lesquelles s'alignent les pressions de même sens résultant des activités qui entourent soit les corps électrisés, soit les charges élémentaires mobiles, les électrons. Ces activités peuvent se faire équilibre dans l'état neutre, mais elles se font équilibre en tant qu'activités, qui ne peuvent disparaître dans un état de repos. Le principe de relativité domine tous les états de repos apparent que manifestent plusieurs phénomènes physiques.

Ayant atteint la limite que le règlement fixe pour les Notes, je continuerai mon étude sur Ritz dans une deuxième Note, qui contiendra ses conclusions ainsi que les miennes.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 10 janvier 1912

L. Horwitz. Quelques rapprochements entre le climat, la glaciation et l'écoulement dans le bassin du Rhin alpin. — M. Lugeon. Carte géologique de la région Meiringen-Engelberg, par M. Arbenz. — Le même. Etude géologique du Haut Rhône entre Bellegarde et Seyssel. — Le même. Deux phases de plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales. — Le même. Quantité de calories des principales sources thermales de Louèche.

M. Horwitz. *Quelques rapprochements entre le climat, la glaciation et l'écoulement dans le bassin du Rhin alpin*[1].

Le but du travail est de montrer :

1° Que les dimensions de la glaciation des bassins secondaires dans le bassin du Rhin alpin dépendent (à côté de leur altitude moyenne et configuration) en première ligne de la quantité de précipitations atmosphériques que reçoivent ces bassins et de leur température moyenne ;

2° Que de la quantité des précipitations dépend le débit moyen plus ou moins grand des cours d'eau de ces bassins secondaires.

A. *Précipitations :*

1° Dans le bassin du Rhin antérieur, le Rhin antérieur s. str. reçoit davantage de précipitations que celui du Glenner ;

2° Dans le bassin du Rhin postérieur, la région la plus humide est le Rheinwald, grâce à sa proximité des lacs italo-suisses ; le bassin le plus sec est celui de l'Albula, à cause de son isolement ; le bassin du Rhin d'Avers, d'après sa position, semble être aussi assez sec (stations pluviométriques manquent).

3° Le territoire du Rhin inférieur et celui de ses deux affluents,

[1] Pour une partie des considérations dans ce travail, je me suis inspiré du mémoire de M. Romer, *Mouvements épeirogéniques dans le haut bassin du Rhône et évolution du paysage glaciaire* (Bull. Soc. Vaud. Vol. XLVII, 65-201, spéc. pages 109-118).

de la Tamina et de la Landquart, est humide (proximité du lac de Constance), tandis que le Schanfigg, attenant au minimum des précipitations de Coire, est relativement sec.

B. *Température* :

De Quervain a formulé une loi, d'après laquelle il existe dans les Alpes suisses une montée des isothermes, grossièrement proportionnelle à l'altitude moyenne de chaque région alpine.

Il s'ensuit que dans le bassin du Rhin, la région relativement la plus chaude, au moins à *midi*, est celle du bassin de l'Albula, tandis que les autres bassins secondaires sont plus ou moins froids.

Une étude ultérieure dans *Das Klima der Schweiz*, compare les températures moyennes *journalières* et quoique atténuant les conclusions de de Quervain, il ne reste pas moins vrai que la partie orientale du bassin du Rhin est plutôt chaude, tandis que la partie occidentale est froide. En outre, grâce surtout à l'action du fœhn, les vallées plus ou moins transversales sont plus chaudes, les vallées longitudinales plus froides.

En général, nous constatons que les bassins humides du Rhin sont aussi froids, tandis que les bassins secs sont chauds.

C. *Glaciations* :

a) 1° Dans le bassin du Rhin antérieur, le Rhin antérieur s. str., plus humide et plus froid, est plus glacé que celui du Glenner; 2° Dans le bassin du Rhin postérieur, le plus glacé est le Rheinwald, le plus froid et le plus humide; puis vient le Rhin d'Avers; le bassin de l'Albula, sec et chaud, est le moins glacé.

3° La glaciation du Rhin postérieur, où prédomine l'influence du bassin de l'Albula, est beaucoup plus petite que celle du Rhin antérieur.

4° Les bassins de la Landquart et de la Tamina, par rapport à leur altitude moyenne relativement faible, sont glacés encore d'une manière assez forte, de même que toute la région du Rhin inférieur, grâce à l'humidité considérable de ces vallées; par contre, la vallée sèche de la Plessur ne possède pas de glaciers.

b) Dans un grand nombre de régions du bassin du Rhin, le glacier chasse la forêt; comme conséquence, la surface occupée ensemble par les glaciers et la forêt y est sensiblement la même et oscille autour de 200 ‰.

D. *Ecoulement* :

1° Pour la période de 1900 à 1905 (inclus.), le débit moyen du Rhin antérieur s. str., où il rejoint le Glenner, est de 43,2 litres par seconde (par km.²); le même chiffre pour le Glenner est de 37,4; enfin pour le Rhin postérieur, un peu en amont de la confluence avec le Rhin antérieur, il est de 33,1 litres. Nous voyons ainsi que la région le mieux arrosée alimente son cours d'eau le

plus abondamment, tandis que la plus sèche possède un cours d'eau relativement moins volumineux.

2° Le débit moyen du Rhin inférieur à Felsberg (en amont de Coire) pour la même période est anormalement petit, de 31,5 litres. Grâce à l'apparition dans la vallée des grandes masses perméables (éboulements, moraines, alluvions, roches calcaires), il est probable qu'environ 10 à 15 % du débit superficiel du fleuve passe la station de Felsberg comme nappe souterraine.

3° Le débit moyen du Rhin inférieur à Mastrils (près de Landquart) redevient assez normal (35,4 litres). Le calcul montre que le débit du Rhin inférieur, entre Felsberg et Mastrils, pris isolément, est de 48,2 litres. Ce chiffre très haut harmonise bien avec l'humidité considérable de cette région, attenante au lac de Constance.

M. M. Lugeon remet au nom de l'auteur, M. le Dr Arbenz, la *carte géologique de la région Meiringen-Engelberg.*

M. Lugeon présente également son *étude géologique du Haut Rhône entre Bellegarde et Seyssel.* Il s'agit du barrage du Rhône à Génissiat et de la création d'un immense réservoir, véritable lac de 23 kilomètres de long, avec des usines génératrices pouvant fournir 150 000 kilowatts.

M. Lugeon remet en outre, pour la bibliothèque de la société, des tirages à part de trois notes présentées par lui à l'Académie des sciences : deux sur l'existence de *deux phases de plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales* et la troisième sur une inversion locale de pente du lit rocheux du Rhône, en aval de Bellegarde.

Pour terminer M. Lugeon donne les résultats du calcul qu'il a eu la curiosité de faire pour connaître la quantité de houille qu'il faudrait pour produire une quantité de calories égales à celles déversées annuellement par les principales sources thermales de Louèche. Il résulte de ces calculs qu'un total de 790 tonnes de houille suffirait, ce qui représenterait, au prix du jour, la somme relativement minime de 34 000 francs.

Séance du 24 janvier

H. Faes. Graines d'Euphorbiacées habitées par une larve. — Quarles van Ufford. Voyage aux Etats-Unis.

M. le Dr H. Faes présente des *graines d'une Euphorbiacée* (Brésil), habitées par la larve d'un papillon (Carpocapsa?). Lorsque la larve se déplace à l'intérieur du fruit, elle lui imprime des

mouvements saccadés, d'où le nom de « graines sauteuses » donné à ces fruits ainsi parasités.

D'autre part, M. le Dr H. Faes présente des échantillons d'un Agaric comestible, l'*Hygrophorus camarophyllus*, échantillons qui ont été cueillis le 13 janvier dans les bois de Chenaulaz sur Lausanne. Le fait est des plus caractéristiques pour la douceur exceptionnelle de l'hiver que nous traversons, car ce champignon n'a jamais été jusqu'ici à notre connaissance, signalé dans la région avant le 15 mars.

D'autre part, comme les espèces automnales ont continué leur « poussée », ainsi *Cantharellus tubæformis*, *Craterellus cornucopioiaes*, *Hydnum repandum*, *Laccaria laccata*, le marché aux champignons de Lausanne s'est tenu, dès l'automne dernier, de façon ininterrompue jusqu'à aujourd'hui, soit fin janvier 1912.

M. Quarles van Ufford parle d'un *voyage aux Etats-Unis*, fait au printemps 1911. Après les déserts du sud des États-Unis, il visite le Grand-Canyon du Colorado et descend à la rivière qui coule au fond de ce gouffre immense, puis passe à l'Océan Pacifique à Los Angeles. La petite île de Santa-Catalina, en face de cette ville, mérite une visite à cause de ses jardins et forêts sous-marins. On les voit à travers le fond en verre des bateaux construits spécialement dans ce but. Plus au nord, il s'arrête à la station des *Cupressus macrocarpa* et des *Redwood*, composé de *Sequoia sempervivens*.

Dans la Sierra-Nevada, se rencontre l'autre espèce, le *Sequoia gigantea*. Ces deux espèces sont nettement séparées pour des raisons climatériques, la première n'habitant que dans des régions dépourvues de gel et de neige, la seconde, le « gigantea », semblant au contraire justement rechercher ces conditions. Vient ensuite la vallée de Yosemite avec ses dômes arrondis et ses cascades nombreuses. Le chemin de fer ramène le voyageur vers l'est, franchit la Sierra-Nevada à une altitude de plus de 2000 mètres; au col se trouve le lac Fahre.

Séance du 7 février

Eug. Delessert. Les graines sauteuses. — Wilczeck. Colonies de pigeons. — Ch. Linder. *Pectinatella magnifica*. — P.-L. Mercanton. Lutte contre la grêle. — Ferd. Porchet. Anomalies caractéristiques dans les analyses de vins.

A propos de la communication de M. H. Faes sur *les graines sauteuses*, M. Eug. Delessert fait remarquer qu'il en a lui-même

présenté à la société dans la séance du 3 novembre 1897. Il apprit alors que M. F. A. Forel avait déjà; le 2 novembre 1892, parlé de cette larve, appelée en Angleterre *Carpocapsa saltitans*, de la famille des Tortricidae.

M. Wilczeck donne lecture d'une lettre-circulaire de M. Paul Scherdlin, naturaliste, à Strasbourg, qui constate que, depuis des siècles, des colonies de pigeons habitent la flèche de la cathédrale de Strasbourg. On a vainement cherché autrefois à les détruire. Or, depuis quelques années, le nombre des pigeons a diminué d'une façon surprenante, M. Scherdlin attribue cette diminution presque spontanée au fait que les rues et places, aux alentours de la cathédrale ont été asphaltées, ce qui permet un nettoyage complet, tandis que précédemment les pigeons trouvaient à picorer entre les pavés.

M. le Dr Ch. Linder présente une colonie, des statoblastes et des figures de *Pectinatella magnifica*, bryozoaire d'eau douce découvert en 1851 par *Leidy, à Philadelphie*. Laissant de côté l'anatomie et l'embryogénie du bryozoaire, M. *Linder* esquisse les grandes lignes du développement annuel de la colonie : en été, elle s'agrandit au dépens d'œuf fécondés; dès septembre, il y a formation et dispersion de statoblastes (bourgeons *h*ibernants avec épines crochues) ; en hiver, désagrégation de la colonie ; en avril-mai, nouvelle colonie aux dépens des statoblastes, à raison de plusieurs embryons pour une jeune colonie. Les individus ou *polipydes* sont réunis en rosette (*coenoecium)*, celles-ci à leur tour sont portées en grand nombre par un *ectoste* gélatineux épais et consistant (99,7 % d'eau), si bien que l'ensemble, qui peut avoir la grandeur d'une tête humaine et peser plus d'un kilog., forme un individu composé, de troisième ordre supérieur (*cormos polyblastos*). Tantôt allongée, tantôt aplatie ou globuleuse, la colonie est fixée sur les pierres, les bois morts immergés, mais jamais sur les plantes vivantes. Répandu aux *États-Unis*, ce bryozoaire n'a été trouvé en *Europe* que près de *Hambourg* (*Kræpelin*, 1883) et près de *Berlin (Weltner)*. Y a-t-il là un cas de faune disjointe ou de migration passive des statoblastes résistants? Des espèces voisines sont connues au *Japon*, en *Inde* et, sous forme de statoblastes tout au moins, *en Afrique*.

M. P.-L. Mercanton expose la question de la *lutte contre la grêle* par le moyen des « niagaras électriques » de MM. de Négrier et de Beauchamp. Ces engins ne sont autres que des paratonnerres capables d'un grand débit et sont censés, à l'instar des paragrêles de 1825 dont ils dérivent, de décharger de leur électricité les nuées

orageuses. MM. de Négrier et Beauchamp, posant en principe que la formation de la grêle est due à l'électrisation des nuages, estiment que les cinq niagaras de la Vienne, hauts de 40 mètres et distants de quelque 10 km., ont toute qualité pour ce faire.

Cette attitude se fortifie chez lui des enseignements de l'histoire des tentatives grêlifuges. Il estime que les espoirs qu'on peut fonder sur les niagaras sont trop pauvres et le coût de ces engins trop élevé pour que le canton de Vaud puisse et doive se donner le luxe de mettre en expérience ce moyen de lutte, qui n'a même pas le mérite de l'originalité.

A propos des « Niagaras électriques », M. Quarles van Ufford rappelle les expériences peu connues de Prokop Divisch. En 1745, il érigea un paratonnerre qui se composait d'une tige de fer, qui communiquait d'une part avec l'eau souterraine et d'autre part portait sur des branches horizontales des boîtes en métal remplies de limaille de fer, dans laquelle de nombreuses pointes en fer étaient placées. L'appareil avait 40 m. de haut.

A plusieurs reprises Divisch vérifia l'utilité de son paratonnerre; il observa que les orages se dissolvaient en s'approchant et que la grêle, fréquente dans les environs, épargnait la localité où se trouvait l'appareil. Sa méthode resta sans application.

M. P.-L. Mercanton ayant parlé du *rôle de la forêt dans la marche des orages,* M. Wilczek rappelle qu'il y a quelques années, du vivant du regretté professeur Jean Dufour, un étudiant allemand présenta à l'Université une thèse dans laquelle il étudiait précisément les phénomènes de la foudre sur les arbres. Le bon sens populaire dit que certains arbres sont plus dangereux que d'autres et attirent la foudre, comme par exemple le chêne. Le hêtre, suivant l'auteur de cette thèse, serait l'arbre le moins frappé; cela s'explique par ce que le hêtre renferme certaines huiles végétales. Les arbres à graisse seraient réfractaires à la foudre, tandis que les arbres saccarophiles seraient les sujets les plus frappés.

A ce propos, M. Perriraz remarque que dans le Jura, qu'il a souvent parcouru, il a vu la *foudre atteignant les sapins* plutôt que les fayards, quoique la taille de ces derniers fût très souvent plus élevée que celle des premiers.

M. Dusserre parle de *l'influence de la topographie sur la marche des orages et des colonnes de grêle*. M. Mercanton croit en effet que dans le cas des petits orages, la topographie peut jouer un certain rôle dans la direction de la colonne de grêle,

tandis que lorsqu'il s'agit de gros orages cela ne paraît guère possible.

A ce sujet, M. Fr. JACCARD présente quelques observations faites à propos de la *colonne de grêle* qui s'est abattue sur Pully et les environs le 9 octobre 1911. La direction générale de l'ouragan semblait bien S.O.-N.E. Or à Pully ce sont les façades N.E. qui ont été criblées par les grêlons. D'où provient ce changement subit de direction? D'un courant local? De l'influence de la topographie locale! Il n'a pu résoudre la question.

M. WILCZEK remercie M. Mercanton de sa communication, et surtout de se préoccuper de tout ce qui concerne la situation économique du pays.

M. Ferd. PORCHET présente quelques observations sur certaines *anomalies caractéristiques dans les analyses de vins.* C'est ainsi que la sécheresse persistante de l'été 1911 a empêché l'échange habituel entre l'appareil foliacé et les fruits. Si bien qu'au moment des vendanges il manquait du sucre aux raisins, tandis que l'acidité totale était encore fort élevée. C'était un peu le caractère des grains dits enferrés ».

Le 5 septembre 1911 M. Porchet, en faisant l'analyse des raisins d'une vigne du Champ-de-l'Air, trouvait 10.25 % de sucre et 15,4 ‰ comme acidité totale. Le 12 septembre 1911 les chiffres n'ont presque pas varié : sucre 10.85 %; acidité totale 15,4 ‰. Il suffit de légères pluies (15 à 15 mm. entre le 15 et le 16 septembre) pour que M. Porchet trouve dans l'analyse des raisins, le 19 septembre : sucre 16,27 %, acidité totale 8.9 ‰. Il y a eu donc une transformation brusque qui s'est opérée dans les raisins. L'apport d'eau, quelque minime qu'il fût, a provoqué un enrichissement en sucre et une diminution de l'acidité.

La sécheresse persistante de l'an 1911 a provoqué encore d'autres anomalies dans la composition chimique des vins; M. Porchet en poursuit actuellement l'étude.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Giovanni Platania. Misure della temperatura della lava fluente dell'Etna. *(Rendiconti della R. Academia dei Lincei.* Estratto dal vol. XXI, serie 5a, 1° sem. fasc. 7°. Nota presentata alla seduta del 14 aprile 1912).

La détermination de la température de la lave coulante est un des plus importants problèmes de l'étude physique des volcans. Pourtant les essais de mesures directes ne sont pas nombreux. Après les déterminations peu sûres à l'aide de la fusion des métaux, on a utilisé la méthode calorimétrique *(Bartoli, 1891)* et celle du pyromètre photométrique à absorption *(Oddone, 1910)*. L'auteur a utilisé un pyromètre à radiation de Féry [1] construit par la *Cambridge Scientific Instrument Company*, mis à sa disposition par le Prof. G. P. Grimaldi, Directeur de l'Institut Physique de l'Université de Catane (Sicile). Les mesures ont été exécutées en septembre 1911 sur une coulée de lave de l'Etna de la largeur de 6 mètres, inclinaison 10 %, vitesse 0,5 mètres à la seconde, surface convexe de 0,5 mètres de flèche. Les premières séries de lectures ont donné : 560°, 640°, 660°, 680°, 770°. En approchant davantage l'appareil, jusqu'à 4 mètres du bord de la coulée, on a obtenu : 795°, 814°, 825°. Enfin une partie de la coulée ayant une couleur rouge plus claire donna un maximum de 940°, valeur que l'auteur considère comme une limite inférieure, soit à cause de l'absorption par les fumées éruptives émises par la lave, soit parce que le radiopyromètre de Féry — basé sur la loi Stephan-Bartoli du rayonnement intégral d'un corps noir — donne ce qu'on appelle la température noire.

Th. T.

---

[1] Féry, Ch., Télescope pyrométrique. *Journ. de Physique* (4) III, 1904, p. 701.

Dr Erich Waetzmann. Die Resonanztheorie des Hörens, 1 vol. in-8° de 162 p. avec 33 fig. dans le texte ; Fr. Vieweg u. Sohn, libr.-édit., Brunswick, 1912.

Ce livre forme une suite et un complément très heureux de l'ouvrage classique de Helmholtz *die Lehre von den Tonempfindungen.* L'auteur rattache à l'exposé magistral du grand physicien les recherches et les découvertes subséquentes faites dans ce vaste domaine, et pour cette mise au point de la question, accomplie avec une rare compétence, il s'adresse aussi bien aux physiologistes qu'aux médecins pour les oreilles et aux psychologues qu'aux purs physiciens.

CHIMIE

A. Götschke et J. Tambor. Synthèse de la butine. *(Berichte d. Deutsch. chem. Ges.,* t. 45, p. 186-188. Université de Berne).

Les auteurs ont réalisé précédemment la synthèse de la butéine, dont ils ont préparé encore l'*éther diméthylique 3'-4'*, en partant de l'aldéhyde vératrique et de la résacétophénone ; cet éther est en prismes jaunes, f. à 203° ; l'*éther tétraméthylique*, obtenu en partant de la même aldéhyde et de l'éther diméthylique de la résacétophénone est en aiguilles blanches, f. à 89°. Quant à la *butine* ou *trioxy-3-4'-5'-flavanone,* ils l'ont préparée en partant de la butéine synthétique de la même manière que Perkin et Hummel en partant de la butéine naturelle, c'est-à-dire par l'action de l'acide sulfurique sur la solution alcoolique de la butéine. Elle est en aiguilles jaunes, f. à 221° (butéine naturelle 224-226°), elle se fixe faiblement sur mordant ; son *dérivé triacétylé* est en feuillets f. à 123°.

La transformation facile de la butéine en butine a engagé les auteurs à essayer la même réaction avec d'autres polyoxy-chalkones. Ils ont dans ce but, fait réagir l'aldéhyde salicylique sur la résacétophénone et ont obtenu la trioxy-2'-4'-2-chalkone, aiguilles brillantes, orange, f. à 185° avec décomposition, mais sa transformation en dioxy-3-2'-flavanone paraît présenter des difficultés provenant sans doute de l'empêchement stérique de l'hydroxyle placé en position 2.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1912

Le 1, pluie dans la nuit ; à 7 h. du matin, à 1 h., 9 h. et 10 h. du soir ; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
2, forte bise pendant toute la journée ; neige de 11 h. 40 m. à 12 h. 45 m.
3, forte bise depuis 10 h. du matin.
4, forte bise jusqu'à 4 h. du soir.
5, gelée blanche le matin.
8, rosée le matin.
9, pluie à 1 h. du soir ; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
10, petite chute de neige à 6 h. du matin ; pluie à 7 h. du soir ; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
les 12, 13, 14 et 15, forte bise.
le 17, gelée blanche le matin.
18, rosée le matin.
19, gelée blanche le matin.
les 20, 21 et 22, rosée le matin.
le 23, tonnerre à 3 h. 40 m. du soir à l'est ; pluie à 7 h. du soir.
25, rosée le matin ; tonnerre à 3 h. 40 m. au SSW.
26, rosée le matin.
27, pluie depuis 1 h. 20 m. du soir.
28, pluie dans la nuit et à 9 h. du soir.
29, forte bise dans la journée.
30, très forte bise pendant toute la journée, nouvelle neige sur le Jura.

GENÈVE — AVRIL 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	14.2	15.4	18.7	15.81	− 8.72	14.2	19.7	SSW. 1	SSW. 2	N. 1	SSW. 1	9.2	10	10	10	10	0.7	6.5	7
2	26.9	29.7	33.0	28.22	+ 3.70	20.6	33.1	NNE. 3	NE. 2	NNE. 2	NNE. 3	25.2	5	8	3	6	5.4	....	....
3	34.1	34.4	34.8	34.09	+ 9.58	33.1	35.5	NE. 1	N. 2	NNE. 3	NNE. 2	18.7	9	1	0	5	3.8	....	....
4	36.1	35.9	36.8	35.89	+11.39	35.2	36.8	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 2	20.0	0	0	0	0	11.8	....	....
5	37.2	35.2	36.7	**36.41**	**+11.95**	35.6	**37.2**	SW. 1	WNW. 1	N. 1	N. 1	3.8	7	7	10	8	8.0	....	....
6	35.1	33.6	34.2	34.47	+ 9.98	32.8	35.9	SW. 0	WSW. 1	S. 0	var.	3.4	8	0	2	4	9.5	....	....
7	32.9	31.8	30.5	31.79	+ 7.31	30.0	33.9	SSW. 0	NNE. 1	N. 1	N. 1	6.1	9	1	0	2	9.0	....	....
8	28.6	24.9	22.3	25.86	+ 1.38	22.0	30.0	NW. 0	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.2	0	0	0	0	12.0	....	....
9	19.4	18.7	21.2	20.05	− 4.43	18.2	22.2	SW. 1	NNW. 1	E. 1	var.	12.9	10	10	4	8	....	2.0	3
10	21.1	22.6	23.8	23.18	− 1.31	22.2	24.2	SE. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	11.8	6	4	8	7	6.7	1.5	2
11	26.7	25.7	27.1	26.09	+ 1.60	21.4	27.5	WSW. 1	SW. 1	SW. 1	WSW. 1	3.1	1	8	10	6	7.4	....	....
12	30.0	30.7	32.5	30.50	+ 6.00	27.4	33.0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	20.0	1	0	0	1	12.2	....	....
13	33.3	32.0	31.2	32.13	+ 7.62	30.2	33.3	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	24.9	1	0	0	0	12.9	....	....
14	30.7	28.0	27.3	29.03	+ 4.51	27.0	31.2	NE. 1	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	21.0	0	0	0	0	**13.1**	....	....
15	26.6	26.0	26.1	26.24	+ 1.71	25.2	26.9	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	23.5	5	7	1	4	9.5	....	....
16	28.0	27.4	27.7	27.39	+ 2.84	26.3	28.1	NNE. 1	N. 2	NNE. 1	NNE. 1	10.6	8	4	0	3	11.7	....	....
17	28.4	26.6	26.2	27.21	+ 2.68	25.7	28.5	SE. 0	NNE. 1	NNW. 1	NNE. 1	2.7	0	1	1	1	11.6	....	....
18	26.1	24.7	24.9	25.36	+ 0.78	24.3	26.1	WNW. 0	NW. 1	NNE. 0	var.	2.5	2	3	0	2	12.1	....	....
19	26.8	26.5	28.2	26.82	+ 2.22	25.9	28.4	SW. 0	NNW. 1	NNE. 1	var.	1.6	0	3	2	2	11.9	....	....
20	29.8	29.0	29.8	29.19	+ 4.57	28.1	30.0	ENE. 0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	6.9	0	4	1	2	12.3	....	....
21	29.7	28.8	28.8	28.99	+ 4.35	27.7	30.0	WNW. 0	N. 2	NNE. 1	NNE. 1	8.4	2	6	9	6	9.9	0.1	....
22	30.0	29.1	28.1	28.86	+ 4.19	27.5	30.0	SSW. 1	N. 2	NNE. 2	N. 1	10.6	1	2	1	1	13.0	....	....
23	29.3	27.7	28.0	28.30	+ 3.61	26.9	29.3	SSW. 0	N. 1	WSW. 1	N. 1	4.0	1	8	10	8	6.6	5.7	2
24	28.7	28.2	28.5	28.14	+ 3.42	27.0	29.0	N. 1	N. 2	SW. 1	N. 1	7.7	7	3	1	3	11.0	....	....
25	28.5	26.6	26.1	27.22	+ 2.47	25.5	28.6	SW. 1	N. 1	S. 1	N. 1	4.8	1	4	1	3	10.4	....	....
26	25.1	24.4	23.3	24.73	− 0.05	22.8	26.8	WSW. 1	NNW. 1	SSW. 1	SSW. 1	2.6	0	3	10	4	10.8	....	....
27	21.8	20.6	19.1	20.50	− 4.31	18.4	23.2	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	NNE. 1	1.4	10	10	10	10	0.5	**7.5**	7
28	15.6	14.7	16.4	**15.62**	**− 9.22**	**14.1**	17.8	SW. 0	N. 1	NNE. 1	N. 1	6.5	9	8	10	9	1.7	0.2	1
29	18.0	19.4	22.7	19.27	− 5.61	16.2	22.9	NNE. 1	NNW. 2	NNE. 2	NNE. 1	13.5	9	6	10	9	6.0	....	....
30	22.7	23.5	24.1	23.11	− 1.80	22.1	24.1	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	**28.4**	7	10	10	9	0.8	....	....
Mois	27.51	26.76	27.27	27.02	+ 2.25							10.90	4.4	4.5	4.1	4.4	255.3	23.5	22

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempr du Rhône Midi	Tempr du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	
1	+ 7.5	+ 5.9	+ 4.0	+ 6.61	− 0.19	+ 3.3	+11.5	77	68	78	**78**	+ 5	55	95	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	3.1	4.7	3.8	4.08	− 2.89	2.4	6.4	51	59	53	60	−12	44	75	7.5	[illegible]	[illegible]
3	1.5	5.4	4.5	**3.75**	− 3.35	0.4	7.3	76	42	49	54	−17	30	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
4	2.2	7.8	6.4	5.27	− 1.97	+ 1.4	10.3	60	37	46	48	−23	30	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
5	1.9	14.9	8.5	7.01	− 0.37	− **0.4**	17.2	79	34	66	60	−11	33	[illegible]			[illegible]
6	9.1	19.8	12.5	**13.20**	+ **5.69**	+ 8.0	**23.0**	79	41	70	58	−13	40	[illegible]	7.0	+ 0.2	[illegible]
7	10.7	15.5	11.9	12.85	+ 5.20	9.8	17.7	82	52	68	66	− 5	50	[illegible]		—	[illegible]
8	7.6	19.3	14.8	13.10	+ 5.31	5.4	21.2	84	46	48	63	− 8	39	[illegible]	—	—	[illegible]
9	9.0	6.2	2.3	7.10	− 0.83	2.1	15.1	62	77	82	69	− 2	55	[illegible]	8.5	+ 0.6	[illegible]
10	1.5	8.1	4.3	4.05	− **4/02**	0.4	9.4	65	28	80	56	−11	25	[illegible]	7.6	− [illegible]	[illegible]
11	3.0	13.4	8.7	7.64	− 0.57	2.0	14.7	93	30	67	67	− 3	28	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
12	6.4	10.5	5.7	7.63	− 0.72	4.5	11.5	54	26	42	**46**	**−21**	**20**	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
13	1.7	7.5	5.9	4.90	− 3.59	0.3	9.5	67	30	35	**46**	**−21**	[illegible]	[illegible]	[illegible]	− 1.1	[illegible]
14	2.0	10.2	7.4	6.29	− 2.34	0.5	12.5	74	27	56	48	−22	21	[illegible]	—	—	[illegible]
15	5.7	9.2	6.7	7.20	− 1.57	1.7	10.8	71	50	65	65	− 5	45	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
16	4.5	8.9	6.9	6.75	− 2.16	3.7	11.5	72	59	65	65	− 5	52	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
17	3.1	8.5	7.8	6.74	− 2.31	0.8	13.8	81	70	64	68	− 2	43	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
18	4.7	13.8	9.1	8.72	− 0.47	1.6	16.0	71	22	61	55	−15	**20**	[illegible]	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
19	5.6	13.5	9.3	8.70	− 0.64	2.0	16.2	73	48	67	61	− 9	32	83	[illegible]	− [illegible]	[illegible]
20	5.6	14.2	11.1	9.52	+ 0.04	2.9	16.5	80	45	63	64	− 6	37	[illegible]	9.5	+ 0.6	[illegible]
21	6.0	11.1	10.2	8.93	− 0.69	3.8	13.0	82	63	54	73	+ 3	52	[illegible]	—	—	[illegible]
22	5.9	12.9	11.5	9.62	− 0.14	3.3	15.9	85	58	53	65	− 4	43	88	10.2	+ 1.0	[illegible]
23	6.7	12.8	7.4	8.75	− 1.16	3.7	14.5	67	49	91	67	− 2	48	**98**	10.3	+ 1.0	[illegible]
24	7.0	12.1	10.4	9.74	− 0.31	5.8	15.8	87	63	70	71	+ 2	39	91	[illegible]	+ 0.9	[illegible]
25	8.6	14.2	10.2	10.81	+ 0.61	5.9	16.8	77	49	46	61	− 8	45	89	10.3	+ 0.8	[illegible]
26	6.5	14.0	13.6	10.86	+ 0.52	4.0	19.6	81	40	56	58	−11	21	82	10.6	+ 1.0	[illegible]
27	10.2	15.2	9.6	11.26	+ 0.78	9.4	15.8	83	56	96	**78**	+ 9	52	96	10.8	+ 1.1	[illegible]
28	9.6	15.8	11.9	12.51	+ 1.88	8.5	17.6	92	50	80	73	+ 4	47	96	—	—	[illegible]
29	11.1	14.4	9.9	11.88	+ 1.11	9.1	15.9	83	45	64	63	− 6	41	85	11.5	+ 1.6	930
30	+ 8.7	+ 9.1	+ 7.7	+ 8.63	− 2.29	+ 7.4	+10.0	50	49	73	58	−11	44	75	11.2	+ 1.2	930
Mois	+ 5.89	+11.63	+ 8.47	+ 8.47	− 0.50	+ 3.89	+14.20	75	47	64	62	− 8			8.75	− [illegible]	[illegible]

MOYENNES DE GENÈVE. — AVRIL 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.65	28.43	28.86	28.98	28.32	27.87	28.24	29.27	28.58
2e »	28.00	28.19	28.63	28.53	27.66	27.04	27.65	28.28	28.00
3e »	25.01	24.70	25.03	24.86	24.30	23.54	23.84	24.50	24.47
Mois	27.22	27.11	27.51	27.45	26.76	26.15	26.58	27.35	27.02

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 6.34	+ 4.95	+ 5.41	+ 8.28	+10.76	+10.50	+ 8.42	+ 6.98	+ 7.70
2e »	4.12	2.77	4.23	8.37	10.97	12.07	9.74	7.00	7.41
3e »	8.01	6.77	8.03	11.54	13.16	13.43	11.63	9.82	10.30
Mois	+ 6.16	+ 4.83	+ 5.89	+ 9.40	+11.63	+12.00	+ 9.93	+ 7.93	+ 8.47

Fraction de saturation en %.

1re décade	69	70	71	56	48	49	60	66	61
2e »	73	78	74	52	41	37	51	63	59
3e »	76	78	79	61	52	53	63	72	67
Mois	72	75	75	56	47	46	58	67	62

Dans ce mois l'air a été calme 67 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{180}{28} = 6.43$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	27.18
Nébulosité..................	4.3
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 8°.66
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 8°.61
Fraction de saturation........	62 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	24.77
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	56mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne ... (id.).	+ 8°.97
Fraction de saturat. (1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	22.9	20.7	23.3	25.6	22.5	23.0	20.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	22.2	23.5	23.9	27.8	31.0	19.7

Insolation à Jussy : 195 h. 3.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1912

Les 1, 2, 3, 5, 9, 10, 15, 17, 21, 22, 23, 27, 28, 29 et 30, neige.
1, 2, 3, 4, 9 et 10, violente bise.
13, 17, 18, 21, 24, 26, 27 et 28, très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm									mm.	cm.
1	53.1	51.2	52.6	**52.3**	**− 8.0**	**51.2**	53.6	SW. 2	NE. 2	NE 1	NE. 3	10	10	10	10	**22.8**	**20**
2	56.1	59.5	61.6	59.1	− 1.3	53.3	62.8	NE. 4	NE. 5	NE. 5	NE. 5	10	8	10	9	21.0	13
3	63.6	64.1	65.4	64.1	+ 3.9	62.8	66.0	NE. 4	NE 5	NE. 3	NE. 1	5	3	10	6	2.9	5
4	66.4	68.1	69.9	68.1	+ 7.6	66.0	70.6	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	. . .	. . . .
5	71.1	71.6	71.8	71.5	+10.9	70.6	71.9	NE. 1	NE 2	NE. 1	NE. 2	2	5	10	6	2.1	. .
6	72.0	72.2	71.1	**71.8**	**+11.2**	70.8	**72.2**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	10	10	0	7	. . .	. . . .
7	69.6	68.7	68.9	69.0	+ 8.3	68.7	70.8	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	. . . .	. . . .
8	66.6	66.0	63.5	65.4	+ 1.7	61.6	67.6	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	. . .	. . . .
9	57.2	51.0	53.1	54.8	− 6.0	53.0	61.6	SW. 1	NE. 1	NE. 5	NE. 3	8	10	10	9	4.3	5
10	53.7	56.0	55.0	54.9	− 6.0	53.0	56.2	NE. 4	NE. 2	NE. 5	NE. 1	10	2	10	7	7.5	12
11	59.5	60.8	62.4	60.9	− 0.1	56.1	62.9	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	9	0	6	. . .	. . .
12	63.3	64.5	65.5	64.4	+ 3.3	62.9	65.7	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	1	0	4	. . . .	. . . .
13	65.8	66.1	65.7	65.9	+ 4.8	65.1	66.1	NE 1	SW. 2	SW. 2	SW 2	0	0	10	3	. . .	. . .
14	63.5	63.9	62.5	63.3	+ 2.1	62.0	65.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	10	1	0	4	. . . .	. . . .
15	60.5	61.0	61.7	61.1	− 0.2	60.5	62.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	8	7	10	8	3.2	5
16	61.6	61.4	63.3	62.1	+ 0.7	61.4	63.4	SW 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	5	5	6	. . .	. . . .
17	63.5	63.6	63.6	63.6	+ 2.1	63.4	63.6	SW 1	SW. 1	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	1.2	2
18	62.5	62.2	62.8	62.5	+ 1.0	62.2	63.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	0	7	. . . .	. .
19	62.7	63.7	66.0	64.1	+ 2.5	62.6	66.1	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	6	10	8	. . .	. . . .
20	65.3	66.1	66.6	66.0	+ 4.3	65.3	66.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	4	2	0	2	. . .	. .
21	65.0	64.4	65.7	65.0	+ 3.2	64.2	66.1	NE 1	NE. 1	SW 3	NE. 1	10	6	10	9	1.0	7
22	65.6	65.6	65.4	65.5	+ 3.6	65.0	65.6	SW. 1	SW. 0	NE 1	var.	2	2	10	5	3.6	6
23	64.6	64.4	64.0	64.3	+ 2.3	63.8	65.0	NE. 0	NE. 1	NE 3	NE. 1	1	10	10	7	8.7	8
24	64.6	65.5	66.2	65.4	+ 3.3	64.1	66.2	SW. 3	SW 1	SW 2	SW. 2	10	10	5	8	. . .	. . . .
25	64.3	64.3	64.0	64.2	+ 2.9	63.4	65.3	NE. 1	NE 1	NE. 0	NE 1	0	2	0	1	.	. . . .
26	63.0	63.2	62.8	63.0	+ 0.8	62.0	63.4	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	4	8	4	. . . .	. . .
27	61.5	61.2	60.3	61.0	− 1.3	59.2	62.0	SW. 3	SW 2	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	11.5	11
28	57.0	57.0	56.7	56.9	− 5.5	56.3	59.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	3.6	1
29	56.1	57.6	58.9	57.5	− 5.0	56.0	59.0	SW. 1	NE. 1	NE. 3	NE 2	10	10	10	10	6.5	1
30	57.8	58.5	60.3	58.9	− 3.7	57.8	60.5	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	. . .	. .
Mois	62.57	62.88	63.21	62.90	+ 1.27							6.5	5.8	6.3	6.2	102.9	102

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1912

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 4.2	− 4.0	− 11.7	− 6.6	− 1.1	− 11.8	− 3.0	97	81	88	89	[illegible]	98
2	− 12.6	− 12.0	− 13.2	− 12.6	− 7.2	− 14.3	− 10.3	86	84	84	85	82	90
3	− 15.4	− 10.6	− 12.4	− **12.8**	− 7.6	− 15.5	− 9.4	84	84	82	83	[illegible]	88
4	− 12.5	− 1.2	− 7.2	− 8.0	− 2.9	− 12.7	− 3.0	81	47	78	69	42	90
5	− 4.6	+ 0.4	− 2.8	− 2.3	+ 2.7	− 6.4	+ 1.5	77	71	97	82	57	99
6	+ 0.4	3.4	+ 1.0	+ 1.6	+ 6.5	− 2.0	5.5	99	87	82	89	[illegible]	100
7	0.8	2.5	0.4	1.2	+ 5.9	− 0.2	3.0	66	77	85	76	45	88
8	+ 1.1	+ 5.7	+ 1.4	+ **2.7**	+ **7.3**	0.0	**9.6**	33	37	58	**43**	28	60
9	− 1.4	− 3.2	− 11.2	− 5.3	− 0.8	− 12.3	+ 1.2	73	85	88	82	60	99
10	− 16.5	− 10.6	− 9.2	− 12.1	− **7.8**	− **16.5**	− 9.0	88	82	85	85	70	90
11	− 10.5	− 4.2	− 7.8	− 7.5	− 3.3	− 10.6	− 2.3	85	88	86	86	69	92
12	− 8.5	− 6.8	− 8.5	− 7.9	− 3.8	− 8.7	− 6.3	79	43	73	65	32	83
13	− 6.6	− 1.3	− 6.2	− 5.7	− 1.7	− 7.0	+ 1.2	31	76	100	69	**26**	100
14	− 8.0	− 1.6	− 7.6	− 5.7	− 1.9	− 8.1	− 0.2	97	70	85	84	68	99
15	− 8.9	− 3.2	− 7.9	− 6.7	− 3.0	− 10.0	− 2.0	88	65	98	84	54	100
16	− 10.2	0.0	− 6.5	− 5.6	− 2.1	− 10.2	+ 1.2	68	50	98	72	42	99
17	− 8.0	− 6.8	− 6.4	− 7.1	− 3.7	− 8.6	− 5.6	97	94	96	96	92	98
18	− 8.4	− 5.1	− 5.8	− 6.5	− 3.2	− 8.6	− 3.2	96	94	95	95	90	98
19	− 6.6	+ 1.6	− 3.8	− 2.9	+ 0.2	− 6.6	+ 2.8	94	55	100	83	52	100
20	− 5.4	0.8	− 3.6	− 2.7	+ 0.3	− 5.6	2.4	90	51	96	79	50	98
21	− 4.7	1.9	− 5.2	− 2.7	+ 0.1	− 4.8	3.0	94	47	95	79	45	98
22	− 5.0	+ 1.8	− 4.0	− 2.4	+ 0.3	− 5.2	3.0	86	47	88	74	46	90
23	− 5.4	− 0.2	− 6.0	− 3.9	− 1.3	− 5.6	+ 1.8	74	76	98	83	58	100
24	− 7.0	− 4.2	− 6.0	− 5.7	− 3.3	− 7.0	− 3.2	98	95	87	93	85	100
25	− 6.4	− 0.9	− 4.4	− 3.9	− 1.6	6.6	+ 1.0	78	48	85	71	36	90
26	− 5.6	− 0.2	− 2.2	− 2.7	− 0.6	− 5.7	+ 2.0	77	56	77	70	38	81
27	− 3.4	− 3.6	− 5.8	− 4.3	− 2.3	− 6.1	− 3.0	100	96	96	**97**	94	100
28	− 4.2	− 2.2	− 3.4	− 3.3	− 1.5	− 5.9	− 1.2	95	95	93	94	92	97
29	− 2.4	− 0.4	− 4.2	− 2.3	− 0.6	− 5.0	+ 1.2	98	94	96	96	91	100
30	− 5.8	− 2.0	− 6.3	− 4.7	− 3.1	− 6.7	− 0.4	97	80	94	90	72	99
Mois	− 6.53	− 2.42	− 5.88	− 4.94	− 1.67	− 7.81	− 0.72	84	72	89	82		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.94	63.14	63.29	63.12	78	73	83	78
2e »	62.83	63.33	64.01	63.39	82	69	93	81
3e »	61.95	62.17	62.43	62.18	90	73	91	85
Mois	62.57	62.88	63.24	62.90	84	72	89	82

Température.

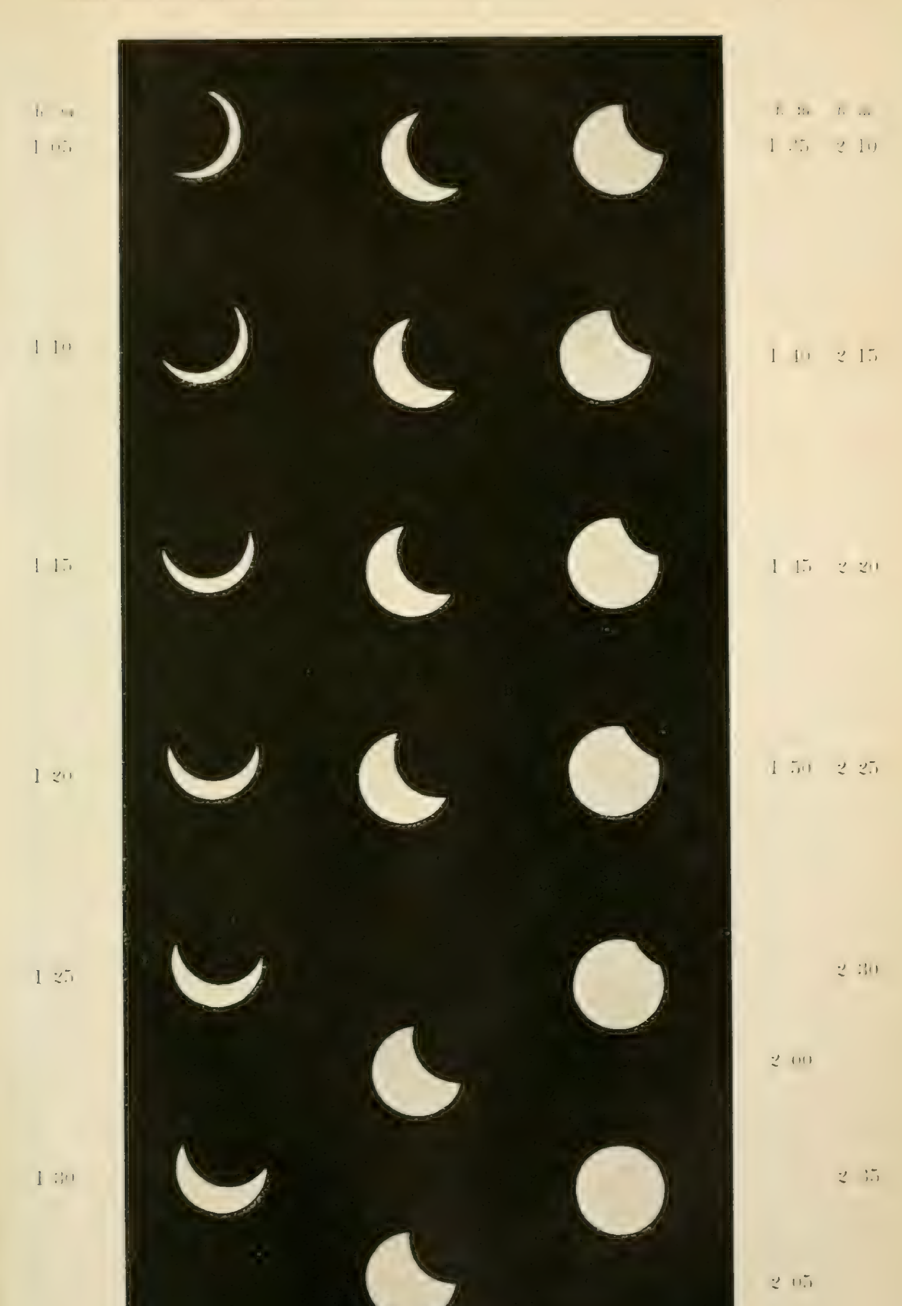
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.49	— 3.26	— 6.49	— 5.41	— 5.68
2e »	— 8.11	— 2.99	— 6.41	— 5.84	— 5.98
3e »	— 4.99	— 1.00	— 4.75	— 3.58	— 3.87
Mois	— 6.53	— 2.42	— 5.88	— 4.94	— 5.18

Dans ce mois l'air a été calme 44 fois sur 1000.

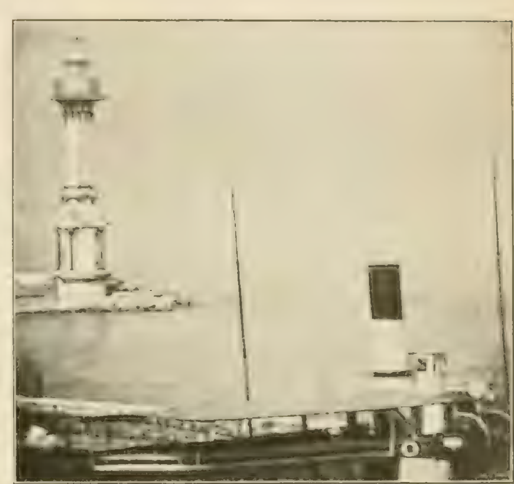
Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{104}{49} = 2.12$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	28.5	22 0	50.5	102.9
Neige en centimètres....	—	—	9	102


h m
1 05
1 10
1 15
1 20
1 25
1 30
h m h m
1 35 2 10
1 40 2 15
1 45 2 20
1 50 2 25
2 30
2 00
2 35
2 05

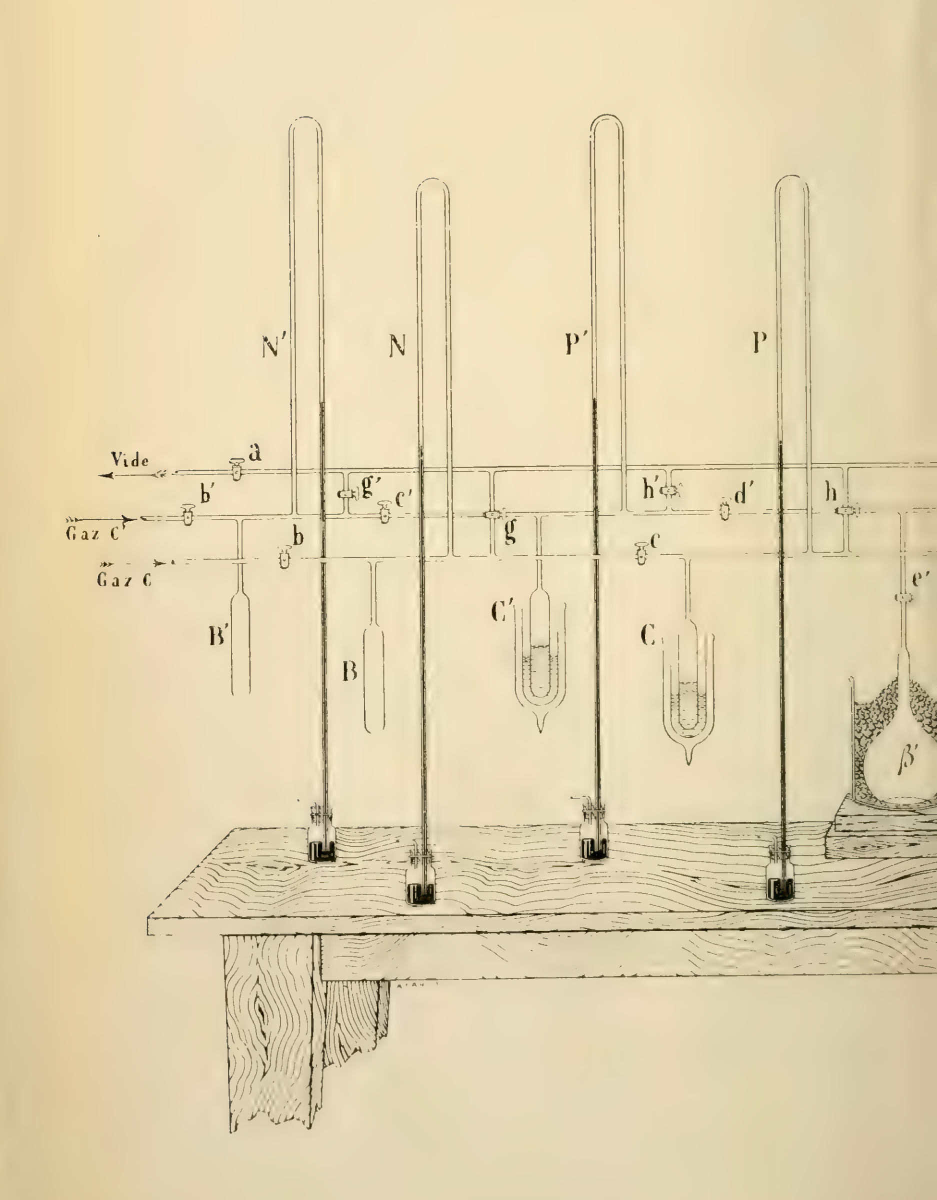




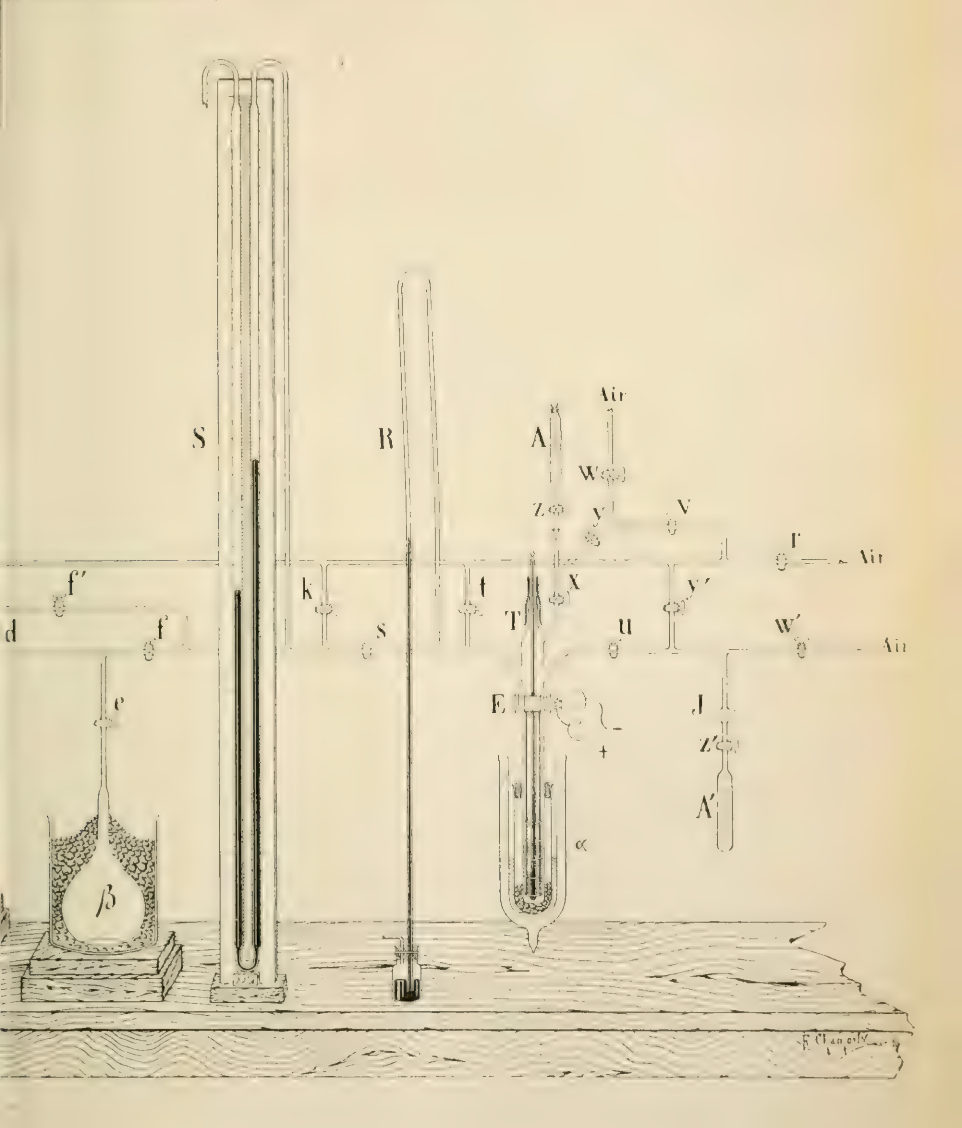


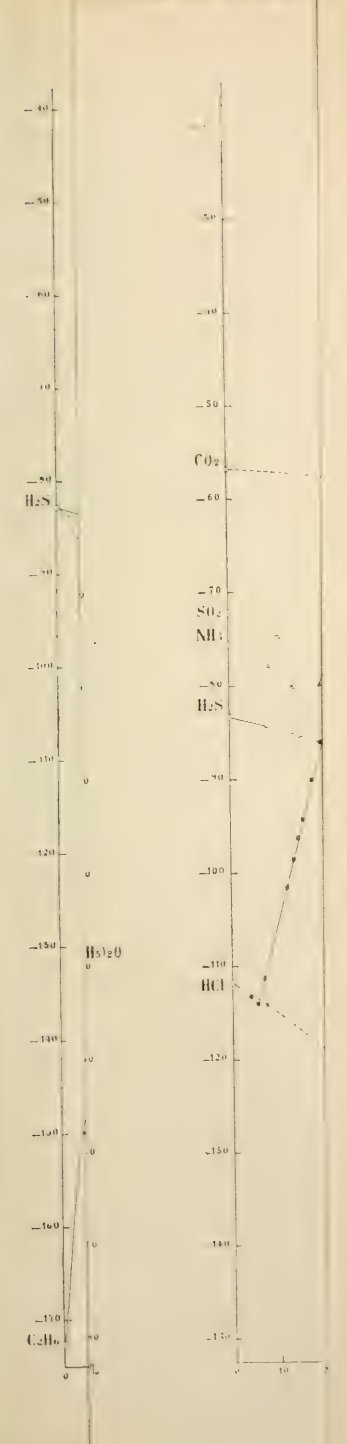


Archives des Sc. phys. et nat., Tome XXXIII, Mai 1912



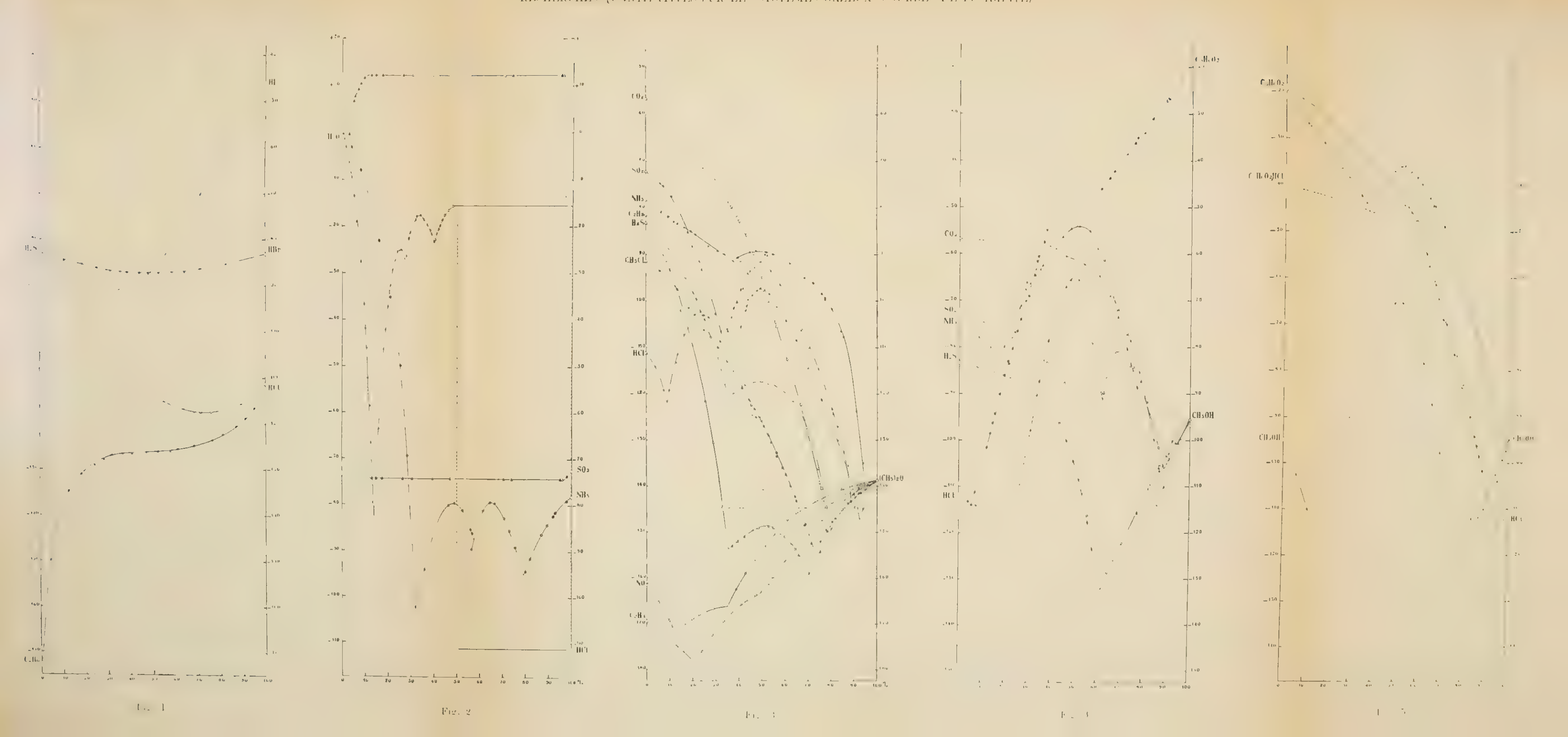
STÈMES GAZEUX (COURBES DE FUSIBILITÉ)





OURBES DE FUSIBIL
CO_2
SO_2
NH_3
H_2S
HCl
H_2S
C_2H_6

RECHERCHES QUANTITATIVES SUR LES SYSTÈMES GAZEUX (COURBES DE FUSIBILITÉ)



PIERRE PREVOST

ET LA

NOTION D'ÉQUILIBRE MOBILE

DANS LES SCIENCES PHYSICO-CHIMIQUES[1]

PAR

Ch.-Eug. GUYE

C'est en avril 1791 que le physicien genevois Pierre Prevost énonçait pour la première fois et avec une netteté remarquable le principe de l'*équilibre mobile de température*[2]. La conception géniale de Prevost renfermait en elle une telle part de vérité que la notion d'équilibre mobile loin de s'affaiblir avec le temps n'a fait que grandir en importance au fur et à mesure que se sont développées la thermodynamique et les nombreuses théories cinétiques de la physique moderne.

On a dit avec raison que la fécondité d'une découverte dépend en grande partie de la forme sous laquelle elle est présentée. Une vérité, même de premier ordre, peut rester en effet longtemps inféconde par le seul fait qu'elle n'a pas revêtu d'emblée une forme appropriée à l'esprit de l'époque où elle est apparue ; telle a été pendant fort longtemps l'œuvre de Maxwell, tels aussi les remarquables travaux de Gibbs sur les équilibres physico-chimiques dont l'importance n'a été reconnue que plus tard, parce que leur forme, par trop généralisée, ne laissait pas entrevoir avec une netteté suffisante leur importance pratique.

[1] Conférence faite à la Société de Physique et d'Histoire naturelle et à l'Institut National Genevois.

[2] Mémoire sur l'Équilibre du feu ; *Journal de Physique*, Avril 1791.

Le même reproche ne peut être fait à la découverte de Prevost, qui jaillit d'emblée claire et limpide du cerveau de son auteur et s'imposa pour ainsi dire d'elle-même, renversant les explications confuses qu'elle était destinée à remplacer.

Il importe de rappeler à ce propos que Pierre Prevost était non seulement un esprit scientifique de premier ordre, mais qu'il possédait en outre une culture littéraire et philosophique supérieure et étendue.

Il manifesta de bonne heure le goût des lettres. Après d'heureux débuts littéraires, il fut appelé à professer la philosophie dans une école spéciale à Berlin. Plus tard il occupe à Genève la chaire de belles lettres ; puis nous le voyons faire un long séjour à Paris pour y surveiller la publication d'une traduction des tragiques grecques ; enfin, sept ans plus tard, en 1793, Prevost était nommé à la suite d'un concours où il se distingua titulaire de la chaire de philosophie de l'Académie de Genève.

Mais notre but n'est pas de retracer ici la vie de Pierre Prevost, ni même de montrer qu'elle a été dans tous ses détails la genèse de la découverte du principe de l'équilibre mobile de température. La plume très compétente de M. L. de la Rive en a fait un fort bel exposé en 1891 dans les *Mémoires* de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève [1]. Cette publication, fort bien documentée, puise ses renseignements aux meilleures sources, et tout particulièrement dans la correspondance même de Pierre Prevost, mise à la disposition de M. de la Rive par la famille du physicien genevois.

Notre rôle est différent ; nous nous sommes proposé dans les quelques pages qui suivent de faire ressortir toute la fécondité de la notion d'équilibre mobile, formulée avec tant de netteté par Prevost dans le cas de la température. Mais pour cela quelques détails sur l'historique de cette découverte nous paraissent nécessaires.

A l'époque de Prevost, on avait coutume de faire dans les cours de physique l'expérience classique des miroirs conjugués de la façon suivante :

[1] Lucien de la Rive. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève,* 1891. Notice sur les recherches de Pierre Prevost sur la chaleur rayonnante.

Un boulet chauffé était placé au foyer d'un miroir parabolique, tandis qu'un thermomètre sensible occupait le foyer d'un second miroir disposé en regard. Dans ces conditions on constatait que le thermomètre accusait une élévation de température, même si le boulet n'émettait aucune lumière. C'était la preuve de la réflexion de la chaleur obscure. Marc-Auguste Pictet raconte à ce propos dans une lettre que s'entretenant de cette expérience avec M. Bertrand, ce dernier lui demanda s'il pensait que le froid pourrait être aussi réfléchi. Il n'en fallut pas plus pour décider M. Pictet à tenter l'expérience. En expérimentateur habile, il substitua au thermomètre ordinaire un thermomètre à air beaucoup plus sensible et remplaca le boulet chauffé par un matras rempli de glace. Le thermomètre descendit de quelques degrés au-dessous de la température de la salle. C'était *la découverte de la réflexion du froid.*

Restait à expliquer le phénomène. L'explication donnée par M. A. Pictet est loin de nous paraître satisfaisante [1], mais pour la juger en toute impartialité, il faut se reporter aux notions qui avaient cours à l'époque où elle a été formulée. Pour M. A. Pictet, le froid agissait par une sorte d'appel pour déterminer la chaleur à se propager en sens inverse du mouvement qu'elle suivait dans l'expérience du boulet chauffé. C'est d'ailleurs dans ce sens que l'avait comprise Haüy [2] qui relate l'expérience de M. A. Pictet dans les termes suivants : « Quand on « substitue le matras plein de neige au boulet chaud, dit-il, « les rayons du calorique prennent une direction opposée à « celle qu'ils suivaient dans le premier cas ; le froid attire la « chaleur de la même façon que la chaleur la repoussait ».

La conception géniale de Prevost devait réduire à néant ces hypothèses. Dans une seconde édition de son traité de physique Haüy modifiait l'explication précédente et cela sur une observation de Prevost ; et il écrivait à ce dernier ces lignes particulièrement flatteuses :

« Mais ce qui m'a surtout affecté, Monsieur, en lisant vos « observations, c'est d'y avoir vu que vous êtes l'auteur du

[1] Essai sur le feu, 1790, par M. A. Pictet. (Cette explication est reproduite dans le mémoire de M. L. de la Rive).

[2] Haüy. Traité de Physique, 1re édition.

« principe extrêmement remarquable dont il s'agit et qui est « ici comme la clef de la vraie théorie. Je viens d'acquérir une « nouvelle conviction de votre propriété en m'empressant de « lire l'article sur l'*Equilibre du feu.* Cet article qui est d'une « clarté admirable m'a inspiré le vif désir de lire le reste ».

Avant de citer le passage du mémoire de Prevost relatif à la réflexion apparente du froid, il ne sera pas inutile de rappeler comment Prevost envisageait la conception du calorique rayonnant. Cette notion a été résumée par Prevost lui-même dans la préface de l'un de ses ouvrages. On appréciera à cette lecture toute la précision de la pensée de Prevost.

« Nous concevons le calorique comme un fluide discret[1], « composé d'éléments disjoints, isolés, d'un diamètre très petit, « relativement aux distances qui les séparent. — Chacun de ces « éléments se meut avec une grande vitesse, et (conformément « aux premiers principes de la dynamique) ce mouvement dure « constamment dans la même direction, tant qu'aucune cause « extérieure ne vient l'interrompre.

« Mais on sait assez que de telles interruptions ont lieu fré- « quemment hors du vide, et qu'en conséquence ces éléments « mobiles du calorique sont fréquemment interceptés.

« Chacun de ces éléments a sa direction propre. — Plusieurs « suivent la même direction, ou des directions parallèles, for- « mant ce que l'on peut appeler un filet, ou un rayon composé. « Si l'on envisage d'un coup d'œil la totalité de ces éléments « mobiles, on devra considérer l'espace où ils se meuvent libre- « ment comme rempli de filets ou rayons, mus dans toutes les « directions sensibles, ce qu'autorise évidemment l'extrême « ténuité de ces filets et le grand écartement de leurs élé- « ments.

« Ceux-ci ne se rencontrent ou ne s'entrechoquent presque « jamais, et si l'on fixe, par la pensée, un point quelconque

[1] Il convient de rappeler que dans le vocabulaire des philosophes quantité discrète se dit par opposition à quantité continue, de l'assemblage de plusieurs choses distinctes les unes des autres. De là, le nom de fluide discret par lequel Le Sage désigne un milieu composé de particules dont les intervalles sont très grands par rapport à leurs propres dimensions. L. de la Rive, *loc. cit.*

« de l'espace où ils abondent (un point physique), on peut « affirmer qu'à chaque instant sensible, ce point est traversé « en toute direction et devient un centre d'où partent et auquel « arrivent incessamment des filets de calorique.

« Telle est l'image du calorique en liberté ; mais dans les « corps, il est gêné ; et bien que sa nature constitutive demeure « toujours la même, les fréquentes ou continuelles intercep- « tions de ses éléments, par les molécules des corps dans « lesquels ils se meuvent, ont des effets qui demandent une « étude et une discussion plus profonde.

« Lors donc que l'on cherche l'explication des phénomènes « de la chaleur, et que l'on est appelé en conséquence à étudier « les lois de sa propagation, il y a nécessairement deux objets « distincts à considérer : le mouvement du calorique dans l'in- « térieur d'un corps, et son mouvement hors de ce corps. L'é- « tude du mouvement intérieur a une intime liaison avec celle « du mouvement extérieur ; mais, dans un grand nombre de « cas, on peut les séparer par une abstraction légitime. »

Voici maintenant telle qu'elle fut publiée, en avril 1791, l'explication de Prevost sur la réflexion apparente du froid.

« Qu'on se représente deux miroirs sphérico-concaves, oppo- « sés l'un à l'autre sur leur axe ; et qu'on place à leurs foyers « deux corps précisément égaux, semblables et de même sub- « stance, que j'appellerai les deux corps focaux.

« Je suppose, pour simplifier : 1° que tout l'espace où l'appa- « reil est plongé est absolument froid et ne reçoit de feu que « de la part des deux corps focaux ; 2° que ceux-ci sont chauds « et lancent incessamment du feu rayonnant ; 3° que les miroirs « réfléchissent le feu, mais ne l'absorbent point.

« Ces abstractions admises, il est clair que le feu lancé par « l'un quelconque des deux corps focaux rayonne de tous côtés. « Mais je ne considère que la partie qui va frapper le miroir « dont il est le foyer.

« Ce feu est réfléchi parallèlement à l'axe. Heurtant le mi- « roir opposé sous cette direction-là, il est réfléchi au foyer de « ce second miroir et rentre par conséquent dans le corps qui « occupe ce foyer. De même inversement, le feu lancé par

« celui-ci contre son miroir va rentrer par une double réflexion « dans le corps qui occupe le foyer du premier miroir.

« Supposons d'abord les deux corps focaux à la même tem- « pérature ou lançant chacun contre son propre miroir quantité « égale en temps égal de feu rayonnant. L'équilibre relatif du « feu entre les deux corps focaux ne sera point troublé par cette « opération; car chacun d'eux en recevra de l'autre précisé- « ment autant qu'il lui en envoie. L'immanation compensera « l'émanation exactement.

« Maintenant altérons, en plus ou en moins, la température « de l'un des deux corps focaux; les échanges qui se font entre « eux par voie de double réflexion cesseront d'être égaux, « l'équilibre relatif sera rompu. Il tendra donc à se rétablir, « et la température de ces deux corps tendra à se rapprocher. »

On voit par ces lignes, que l'idée que se faisait Prevost du calorique rayonnant diffère considérablement des idées actuellement reçues pour l'explication des mêmes phénomènes. Mais cette différence n'enlève absolument rien à sa découverte. Bien au contraire, elle lui donne une portée beaucoup plus générale en la rapprochant et en la solidarisant avec les nombreuses théories cinétiques actuelles.

Qu'il s'agisse de transports d'énergie ou de transports matériels, cette notion d'équilibre mobile est extraordinairement féconde. Elle consiste à considérer l'*état d'équilibre comme résultant de deux courants égaux et inverses*. On la retrouve à l'heure actuelle dans la plupart des domaines de la physique; très souvent comme conséquence immédiate de la constitution corpusculaire que l'on attribue à la matière, et cela qu'il s'agisse de particules en suspension agitées par le mouvement brownien (comme dans les solutions colladoïles) de molécules, d'atomes ou même d'électrons.

La conception *granulaire* de la matière et avec elle les théories cinétiques ont pris, en effet, au cours de ces dernières années une réalité qu'elles étaient loin de posséder autrefois, lorsque parurent les premiers éléments des théories de Bernoulli. Comment ne pas croire un peu aujourd'hui à la présence d'un monde dont les vérifications numériques viennent de toutes parts affirmer la réalité.

Comment admettre que ce soit l'effet d'un pur hasard que des phénomènes aussi différents que le mouvement brownien, la viscosité et la diffusion des gaz, la mobilité des ions dans l'eau, le bleu du ciel, les charges des ions dans les gaz, les rayons α, etc., conduisent tous approximativement à la même valeur du nombre des individualités moléculaires ou atomiques, contenues dans un volume déterminé de gaz.

« Il nous semble, disait récemment M. H. Poincaré, que nous « voyons pour ainsi dire les atomes, depuis que nous savons les « compter ».[1]

Dans ces conditions, la notion d'équilibre mobile, c'est-à-dire la notion d'un équilibre résultant de deux courants égaux et opposés est devenue de plus en plus générale dans les sciences physico-chimiques. Nous n'avons que l'embarras du choix pour en citer des exemples et nous n'avons pas la prétention d'épuiser le sujet.

Considérons d'abord le domaine de l'énergie.

La théorie du rayonnement et particulièrement du *rayonnement noir*, est tout naturellement le premier exemple qu'il convienne de citer. Si l'on abandonne la notion corpusculaire de la chaleur, telle que la concevait Prevost, et que nous envisagions le rayonnement d'une façon plus moderne, comme un échange d'énergie, cet échange a pour expression analytique la formule bien connue de Stephan Boltzmann[2].

Cette formule nous indique que le *transport effectif* d'énergie calorifique (qui seul est accessible à l'expérience, puisque nous ne possédons pas la vision du mécanisme des mouvements moléculaires) est représenté comme la différence de deux courants

[1] Sommes-nous même bien certains de ne pas les voir? Déjà l'ultra microscope nous révèle l'existence des particules d'un diamètre égal à celui que l'on peut attribuer, d'après les relations d'Einstein, aux plus grosses molécules de la chimie organique. Aussi MM. Herzog et Kursanovski ont cru, non sans raison, apercevoir les molécules d'invertine et d'émulsine dont les poids moléculaires sont approximativement 54,000 et 45,000, et dont les diamètres seraient de l'ordre de 6 $\mu\mu$.

[2] $q = \sigma S(T^4 - T_0^4)$ ou ce qui revient au même $q = \sigma ST^4 - \sigma ST_0^4$; σ coefficient du rayonnement absolu; S section du faisceau rayonnant; T et T^0 températures absolues des deux corps en présence.

dont chacun est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue.

Lorsque les deux corps sont à la même température, l'échange effectif devient nul ; c'est la limite de deux courants opposés qui deviennent égaux.

M. L. de la Rive a fait remarquer déjà que l'équation différentielle du mouvement de la chaleur dans l'intérieur des corps solides n'est que la mise en équation du principe de l'équilibre mobile.

Nous voulons nous borner ici à montrer comment la *loi de conductibilité thermique* peut recevoir une interprétation conforme à la notion de l'équilibre mobile [1].

Considérons en effet les échanges thermiques entre deux couches de température t et $t - dt$, placées à une distance dx, la quantité de chaleur qui passe effectivement d'une couche à l'autre dans l'unité de temps est donnée par la relation

$$q = \mathrm{KS}\,\frac{dt}{dx}$$

K étant le coefficient de conductibilité thermique ; S la section normale à la direction de propagation.

Dans la notion d'équilibre mobile, cette quantité q est la différence de deux courants d'énergie opposés, l'un étant émis par la couche de température t, l'autre par la couche de température $t - dt$. Lorsque les deux températures deviennent égales, *les deux courants deviennent égaux et opposés et l'on a l'équilibre mobile de température.*

Expérimentalement, nous n'avons pas de moyens de déterminer séparément la valeur absolue de ces échanges. Il faudrait pour cela pouvoir maintenir l'une des couches à la température du zéro absolu et admettre qu'elle ne cède alors *absolument* aucune énergie calorifique.

Avant de quitter le domaine de l'énergie, nous devons mentionner également la loi de l'*équipartition de l'énergie dans les fluides*. Nous savons maintenant, soit par des considérations théoriques, soit par les belles recherches expérimentales de

[1] Nous laissons de côté à dessein la conception électronique de la conductibilité thermique, nous traiterons plus loin d'une conception analogue en parlant de la conductibilité électrique.

M. Perrin sur le mouvement brownien, que l'énergie cinétique moyenne d'une molécule d'un fluide quelconque liquide ou gazeux ne dépend que de sa température, et que cette loi fondamentale s'applique également aux grains en suspension dans un fluide. Il en résulte que dans chaque élément de volume d'un fluide en équilibre, nous avons équilibre mobile entre le courant de matière qui, sous l'action de l'agitation thermique, pénètre dans l'élément de volume et celui qui en sort. La notion d'équilibre mobile s'étend également aux échanges d'énergie qui se produisent entre l'élément considéré et le milieu fluide qui l'entoure.

Occupons-nous maintenant plus particulièrement des échanges matériels.

Nous pouvons invoquer, pour expliquer les phénomènes de *diffusion,* des considérations analogues à celles que nous venons de mentionner pour la conductibilité thermique ; la diffusion ayant d'ailleurs la même expression analytique.

$$Q = KS \frac{dc}{dx}.$$

Dans cette expression, Q représente le transport effectif de substance : S la section normale à la direction de ce transport ; K le coefficient de diffusion, et $\frac{dc}{dx}$ le gradient de la concentration.

Le transport effectif Q est alors considéré comme la différence de deux courants opposés dus à l'agitation thermique, et *lorsque les concentrations deviennent identiques, ces deux courants deviennent égaux et opposés; on a réalisé alors l'équilibre mobile de diffusion.*

Nous pouvons également choisir nos exemples dans le monde électronique. Considérons, par exemple, la conception électronique de la conductibilité électrique des métaux. Elle nous fournit une image très saisissante du rôle que joue dans l'explication du phénomène, la notion d'équilibre mobile.

En l'absence de toute force électrique, les électrons libres cheminent en tous sens, comme les molécules d'un gaz parfait, leur énergie de translation étant proportionnelle à la température absolue du métal. Il en résulte qu'une section du conducteur est à chaque instant traversée de gauche à droite et de

droite à gauche par le même nombre d'électrons, c'est-à-dire par deux courants égaux et opposés d'électrons. Il n'y a pas, dans ces conditions, de courant électrique apparent ; *il y a équilibre mobile.* Mais que l'on fasse naître dans le conducteur une différence de potentiel (quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, phénomènes thermo-électriques, chimiques ou phénomènes d'induction), la force électrique sera retardatrice des électrons (négatifs) dirigés dans le même sens qu'elle, accélératrice des électrons (négatifs) dirigés en sens contraire [1].

On aura bien, à chaque instant, dans chaque élément de volume, le même nombre d'électrons, la pression restant par hypothèse uniforme, mais les électrons dirigés de gauche à droite, par exemple, auront une vitesse moyenne plus grande que ceux dirigés de droite à gauche. L'effet du champ électrique sera donc de substituer à un mouvement d'agitation thermique symétrique dans toutes les directions, un mouvement moyen d'agitation dans un sens déterminé qui constitue le courant électrique.

Nous pouvons enfin envisager la notion d'équilibre mobile dans le cas où une action agissant symétriquement dans toutes les directions, comme l'agitation thermique, se trouve en lutte avec une action vectorielle d'orientation. C'est le cas du *paramagnétisme* (théorie de Langevin).

En effet, lorsqu'un corps paramagnétique est soumis à l'action d'un champ magnétique, on sait qu'il s'aimante progressivement, au fur et à mesure que l'on augmente l'intensité du champ inducteur. Pour chaque valeur du champ, il se produit une sorte d'*équilibre mobile entre l'agitation thermique qui tend à orienter les molécules dans toutes les directions possibles, et l'action du champ qui tend à les orienter dans une direction déterminée.* Lorsque l'équilibre est atteint, on peut envisager, à chaque instant, que l'agitation thermique désoriente autant de molécules que le champ magnétique n'en oriente. C'est donc encore là, sous une forme un peu différente, une sorte d'équilibre mobile entre ces deux actions.

[1] Le signe de la force étant déterminé par son action sur l'unité d'électricité *positive.*

Mais le domaine où la notion d'équilibre mobile est peut-être la plus générale est celui des *équilibres physico-chimiques réversibles.*

Considérons par exemple un liquide en équilibre avec sa vapeur saturée.

Dans les conceptions cinétiques actuelles nous disons qu'il y a équilibre mobile entre les deux phases. C'est-à-dire que dans chaque intervalle de temps même très petit, le liquide perdra autant de molécules qui passent de l'état liquide à l'état gazeux qu'il gagnera de molécules passant de l'état gazeux à l'état liquide. Mais que l'on vienne à augmenter le volume de l'atmosphère gazeuse, l'équilibre mobile sera rompu, une nouvelle quantité de molécules passeront à l'état gazeux jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli et que l'on ait de nouveau *deux courants égaux et opposés.*

Il est facile de voir que des considérations analogues s'appliquent à tous les équilibres chimiques considérés comme limite de deux réactions inverses, et particulièrement aux phénomènes de *dissociation* partielle.

On voit par ces divers exemples combien la notion d'équilibre mobile définie avec tant de netteté et de précision par Prevost dans le cas de la température est une notion fondamentale et inséparable de toutes les théories cinétiques. On conçoit en outre que cette notion prenne une importance toujours croissante au fur et à mesure que s'affirme la structure granulaire de la matière et que se développent les nombreuses théories cinétiques qui en sont la conséquence. A l'heure actuelle, elle constitue un des principes les plus importants dans l'explication des phénomènes physico-chimiques.

Il serait naturellement bien hardi de prétendre que la notion *générale* d'équilibre mobile n'ait jamais été entrevue ou définie antérieurement à Prevost. On en retrouverait certainement le principe dans les écrits des philosophes qui se sont occupés des théories corpusculaires de la matière. On le retrouverait, je le pense au moins implicitement, dans les travaux de Daniel Bernoulli et de Lesage qui ont provoqué la découverte de l'équilibre mobile de température.

D'ailleurs Pierre Prevost a cru devoir nous renseigner lui-

même à ce sujet [1]. Après avoir rappelé que Daniel Bernoulli, à propos de questions d'hydrodynamique, suppose que l'air est un fluide discret dont les éléments sont agités et qu'au moyen de cette supposition il explique la loi de Mariotte et en général les lois de l'équilibre et des mouvements de l'air ; il parle dans les termes suivants des travaux de Lesage :

« Avant d'avoir eu connaissance de cet ouvrage (Hydrodyna-
« mique de D. Bernoulli), feu G.-L. Lesage, de Genève, était
« parvenu de méditation en méditation au même résultat. Il
« avait même conçu ce sujet d'une manière beaucoup plus éten-
« due et avait fait une théorie des fluides discrets, beaucoup
« plus pleine qu'aucune de celles qu'on avait tentées avant lui.
« Sa manière d'envisager la constitution naturelle des corps
« l'avait engagé dans cette recherche. Il concevait les fluides
« discrets comme étant agités. Il assignait des causes à cette
« agitation. Et au nombre de ces causes quelques-unes don-
« naient l'idée d'une multitude de corps élémentaires isolés,
« mus en ligne droite d'une manière indépendante, avec des
« vitesses très grandes, égales, et dirigées en toutes sortes de
« sens.

« Il y avait longtemps que je connaissais ces conceptions de
« Dan. Bernoulli et de G.-L. Lesage. Il y avait longtemps que
« j'étais accoutumé à les appliquer au calorique (ou comme on
« disait alors au feu), lorsqu'en 1791 parut l'*Essai sur le feu*,
« de M. Pictet, où se trouve consignée sa belle expérience de la
« reflexion du froid. M. de Végobre m'ayant fait remarquer
« que ce phénomène n'était pas expliqué, je m'en occupai et lui
« appliquai la théorie du feu que j'adoptais habituellement ».

Mais quelque puisse être la part des influences antérieures sur la découverte de Prevost, il n'en demeure pas moins incontestable que Prevost a formulé le principe de l'équilibre mobile et particulièrement de l'équilibre mobile de température avec une précision tout à fait remarquable. Il paraît être aussi l'auteur de cette expression particulièrement rapide et heureuse d'*équilibre mobile*. Si ce terme ne figure pas dans son premier mémoire où nous voyons cependant l'expression d'*équilibre*

[1] *Du calorique rayonnant*, 1809, p. 13.

immobile opposée à la notion d'équilibre par rayonnement réciproque, nous le voyons apparaître dans tous ses travaux subséquents où il tend peu à peu à se substituer à toute autre expression.

Il importe de remarquer enfin que la portée générale de la notion d'équilibre mobile apparut d'emblée à Pierre Prevost avec toute l'importance qu'elle devait avoir dans l'explication des phénomènes physico-chimiques.

Voici en effet par quelles considérations se termine son célèbre mémoire d'avril 1791 :

« Le feu n'est pas le seul fluide de son espèce. On connaît « plusieurs fluides discrets, rayonnants et non rayonnants. On « a souvent l'occasion de considérer ces fluides dans l'état « d'équilibre. *La détermination du vrai sens de ce mot peut donc « avoir beaucoup d'importance, même indépendamment de la « théorie du feu.*[1]

« Si ces remarques et la discussion précédente offrent quel- « ques vues utiles, si elles tendent à répandre du jour sur une « classe de phénomènes, si elles rappellent à des idées claires « sur la manière d'agir des fluides invisibles et subtils qui ma- « nifestent leur existence par tant de diverses apparences ; enfin « si ces aperçus se lient naturellement à d'autres théories ou « très bien prouvées, ou rendues vraisemblables, touchant di- « vers effets de ces fluides subtils (tels que les phénomènes de « l'*évaporation* [1] de l'électricité, du magnétisme, n'est-ce pas la « peine d'approfondir la théorie générale de laquelle toutes ces « explications particulières dépendent »....

Ainsi par la seule puissance de son esprit scientifique, par sa haute culture littéraire et philosophique, Pierre Prevost a été amené à formuler avec une netteté et une précision tout à fait remarquables une vérité de premier ordre.

La Faculté des Sciences a pensé que le moment était venu de faire ressortir le rôle considérable que la découverte de Pierre Prevost a eue sur le développement de la thermodynamique et d'une façon générale sur les théories cinétiques. Elle a pensé qu'il convenait d'honorer la mémoire d'un des savants gene-

[1] C'est nous qui soulignons.

vois qui ont le plus illustré l'ancienne Académie dont notre Université est l'héritière. Aussi a-t-elle décidé de prendre l'initiative d'ériger un buste à Pierre Prevost.

Elle espère que l'Institut National Genevois et la Société de Physique et d'Histoire naturelle, dont Pierre Prevost fut un des premiers et des plus illustres membres, voudront bien participer sous une forme quelconque à cet hommage rendu à la mémoire d'un des savants genevois qui ont le plus honoré leur patrie.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

PHÉNOMÈNES DE SPÉCIFICITÉ DANS L'ACTION DE LA PHÉNOLASE

PAR

A. BACH et Mlle V. MARYANOVITCH

En étudiant l'influence des acides sur la phénolase de champignons, A. Bach et B. Sbarsky[1] ont constaté que les quantités d'acides nécessaires pour paralyser complètement l'action d'une quantité donnée de ferment, variaient avec la concentration de celui-ci et la nature des phénols à oxyder. C'est ainsi, par exemple, que pour arrêter l'oxydation de 0,2 gr. de pyrogallol dans 30 cc. de liquide par 0,5 mg. de phénolase, il a fallu employer 16,7 mg. d'acide sulfurique. En décuplant la quantité de ferment, c'est-à-dire en employant 5,0 mg. de phénolase, la dose « mortelle » d'acide sulfurique ne s'est élevée qu'à 61,2 mg. au lieu de 160,7 mg. Pour arrêter l'action oxydante de 20 mg. de phénolase sur des quantités équivalentes d'hydroquinone, de pyrogallol et de gaïacol, il a fallu employer 98 mg. d'acide sulfurique dans le premier cas, 134 mg. dans le deuxième et 245 mg. dans le troisième.

On sait que l'effet oxydant de la phénolase croît plus lentement que la concentration du ferment. D'autre part, l'expérience a montré que la phénolase étudiée par Bach et Sbarsky, oxydait le plus énergiquement le gaïacol ; venait ensuite le pyrogallol et en dernier lieu l'hydroquinone. Il en résulte que *les doses mortelles d'acides ne croissent pas en raison directe des quantités de ferment, mais en raison de l'activité de celui-ci en fonction de sa concentration et de la nature du phénol à oxyder.*

[1] *Bioch. Zeitsch.*, 1911, 34, 473.

Si l'on cherche à se rendre compte des causes qui président à ces phénomènes, deux hypothèses se présentent à l'esprit :

1° Les variations observées sont dues à la nature des phénols employés dont l'oxydabilité est modifiée dans des proportions inégales par les acides.

2° Le ferment connu sous le nom de phénolase est en réalité un mélange de plusieurs ferments spécifiques qui se comportent différemment avec les acides.

Pour résoudre le problème, nous avons étendu les recherches à certains sels dont nous avons étudié l'influence sur la phénolase dans l'oxydation de différents substrats. Les sels agissant sur la phénolase beaucoup moins violemment que les acides, les résultats à obtenir paraissaient devoir être plus variés et en même temps plus concluants. D'autre part, nous avons cherché à isoler directement les ferments spécifiques supposés, soit à en mettre en évidence l'existence.

I. *Influence de certains sels sur la phénolase.*

Ces expériences avaient pour but de faire ressortir l'influence de différents sels sur la phénolase dans l'oxydation d'un seul et même substrat et l'influence d'un seul et même sel dans l'oxydation de différents substrats. Les expériences ont été effectuées avec les sels et les substrats suivants :

Sels : chlorure de calcium, acétate de chaux, sulfate et acétate de zinc, sulfate et acétate de manganèse, sulfate d'alumine.

Substrats : gaïacol, hydroquinone, orcine, pyrogallol, α-naphtol + paraphénylènediamine (réactif de Röhmann-Spitzer). Nous avons évité les sels de fer, vu qu'ils colorent directement les réactifs, sans le concours de la phénolase, ce qui rend impossible de suivre colorimétriquement la marche des réactions que nous nous sommes proposés d'étudier.

La phénolase a été extraite de champignons (Lactarius vellereus) par un procédé nouveau qui nous a donné de très bons résultats. Comme il s'agissait d'avoir une phénolase exempte de tyrosinase, la pulpe de champignons a été mélangée avec son volume d'eau préalablement chauffée à 70° dans

une capsule de porcelaine spacieuse, et le mélange a été chauffé au bain-marie à la même température pendant 3 minutes. La tyrosinase a été complètement détruite, mais l'extrait obtenu s'est trouvé être le plus riche en phénolase parmi tous ceux que l'un de nous (B.) ait dans sa longue expérience jamais eus entre les mains. 1 goutte de cet extrait a produit dans 5 cc. d'une solution à 2 % de gaïacol *instantanément* une coloration rouge intense et aussitôt après un dépôt de tétragaïacoquinone. Avec le réactif de Röhmann-Spitzer, il y a eu formation instantanée d'indophénol. Le pyrogallol a fourni au bout de 3 minutes un précipité considérable de purpurogolline. La richesse extraordinaire en phénolase de cet extrait s'explique probablement par le fait que, par l'action de la chaleur sur la pulpe, une quantité beaucoup plus grande de phénolase active s'est formée à partir de son zymogène qu'il n'en a été détruit.

L'extrait filtré à travers un linge a été additionné de 2 % de sulfate de magnésie cristallisé et. après dissolution du sel, de son volume d'alcool à 98 %, le précipité formé a été séparé par le filtre et la portion filtrée claire a été traitée par 3 volumes d'alcool à 98 %. Il s'est immédiatement formé un précipité volumineux qui a été séparé par le filtre, lavé avec de l'alcool fort et séché dans le vide sur du chlorure de calcium. La masse sèche blanc grisâtre obtenue a été dissoute dans peu d'eau, la solution a été filtrée et de nouveau précipitée par 3 volumes d'alcool fort. Nous avons ainsi obtenu une poudre légère presque complètement blanche, très soluble dans l'eau et possédant toutes les propriétés oxydantes de l'extrait primitif.

Pour pouvoir nous rendre compte de l'influence que divers sels exercent sur la phénolase dans l'oxydation des substrats énumérés plus haut, il était indispensable d'élaborer une méthode d'analyse applicable à tous les cas. Après quelques tâtonnements nous avons adopté la méthode suivante :

Une série de flacons Erlenmeyer de 100 cc. de capacité et munis de bouchons percés de deux trous et portant des tubes d'adduction et d'abduction. a été disposée en batterie reliée à un aspirateur. Chaque fiole a reçu 50 cc. de liquide renfermant quantités déterminées de ferment, de sel et de substrat. La quantité de phénolase a été dans chaque cas de 5 mg., celle de

substrat de 0,002 gramme-molécule, la proportion de sels variant de 0,0002 à 0,001 gramme-équivalent. Pour éviter des troubles dans les dosages colorimétriques, nous avons choisi les conditions de concentration de telle sorte que pendant l'expérience il ne se formât que des produits d'oxydation solubles. Les fioles chargées et réunies à l'aspirateur, nous avons fait passer un courant d'air pur jusqu'à ce que les liquides se soient colorés suffisamment pour permettre un dosage colorimétrique exact. Pour effectuer les dosages, nous avons prélevé sur chaque fiole des portions de 5 cm. que nous avons introduits dans des tubes colorimétriques et, à l'aide d'une burette, nous avons ajouté de l'eau aux essais jusqu'à ce que la teinte fût uniforme dans tous les tubes. Comme coloration-étalon, nous avons pris dans chaque série celle que 5 mg. de phénolase produisaient en agissant sur 0,002 gr.-mol. de substrat dans 50 cc. d'eau dans les conditions des expériences. D'après le volume d'eau ajoutée aux essais pour égaliser les teintes, il était facile de calculer leurs intensités relatives servant de mesure aux intensités des processus d'oxydation. Nous les avons exprimées numériquement en les rapportant à la teinte-étalon prise pour unité. En outre de l'essai-étalon, nous avons fait dans chaque série des essais de contrôle comprenant : un essai avec de la phénolase rendue inactive par ébullition et 0,001 gr.-équiv. de sel ; un essai avec la même proportion de sel sans phénolase, et enfin un essai avec 0,002 gr.-mol. de substrat seul, c'est-à-dire sans phénolase, ni sel. Pour toutes les expériences, nous nous sommes servis de réactifs chimiquement purs.

Les résultats numériques que nous avons obtenus seront publiés *in extenso* autre part. Nous nous bornerons ici à reproduire deux séries pour montrer le fonctionnement de la méthode et nous résumerons ensuite en un court tableau d'ensemble les résultats de nos recherches.

Influence du sulfate de zinc et du sulfate de manganèse sur le pouvoir oxydant de la phénolase

5 mg. de phénolase, 0,002 gr. — mol. de substrat, 0,0002 à 0,001 gr. — équiv. de sel dans 50 cc.

INTENSITÉS DE COLORATION

Substrats	Coloration étalon	Gr. — équiv. de sels			Expérience de contrôle		
		0,0002	0,0006	0,0010	*a*	*b*	*c*
			A. Sulfate de zinc				
Gaïacol	1,00	1,24	1,42	1,40	0	0	0
Hydroquinone	1,00	0,82	0,75	0,73	0	0	0
Pyrogallol	1,00	0,54	0,54	0,54	0,25	0,21	0,15
Orcine	1,00	0,73	0,66	0,66	0,0	0	0
a — Naphtol + *p* — phénylènediamine	1,00	1,32	1,54	2,00	brunâtre	brunâtre	brunâtre
			B. Sulfate de manganèse				
Gaïacol	1,00	0,92	0,78	0,71	0	0	0
Hydroquinone	1,00	1,20	1,40	1,80	1,52	1,48	0
Pyrogallol	1,00	0,78	0,78	0,78	0,35	0,35	0,35
Orcine	1,00	4,40	6,00	6,60	2,14	1,08	0
a — Naphtol + *p* — phénylènediamine	1,00	1,16	1,26	1,80	0,83	0,71	0,58

Expériences de contrôle : a) *Phénolase inactive + 0,001 gr. — équiv. de sel ;* b) *0,001 gr. — équiv. de sel ;* c) *substrat seul.*

Dans le tableau suivant, nous donnons, exprimée en % de la coloration-étalon, l'augmentation (+) ou la diminution (—) du pouvoir oxydant de la phénolase sous l'influence de tous les sels étudiés, soustraction faite des valeurs trouvées dans les expériences de contrôle.

Augmentation ou diminution du pouvoir oxydant de la phénolase.

Substrats	Chlorure de calcium	Acétate de chaux	Sulfate de zinc	Acétate de zinc	Sulfate de manganèse	Acétate de manganèse	Sulfate d'alumine
	%	%	%	%	%	%	%
Gaïacol	— 74	— 42	+ 42	+ 142	— 22	— 5	— 57
Hydroquinone	+ 32	+ 52	— 27	+ 136	— 32	+ 120	— 32
Pyrogallol	— 20	— 43	— 71	+ 136	— 57	— 66	+[1]
Orcine	+ 234	+ 540	— 34	— 44	+ 346	+ 660	— 60
a — Napht. — *p* — phén.	+ 12	+ 60	+ 100	+ 60	— 3	+ 60	+ 80

[1] Les produits d'oxydation du pyrogallol prennent sous l'influence du sulfate d'alumine une coloration rouge orangé intense qui n'est pas strictement comparable à la coloration-étalon jaune-brun. Mais l'intensification de la coloration sous l'influence de ce sel ne fait pas de doute.

On voit d'après ce tableau que l'influence qu'un sel exerce sur le pouvoir oxydant de la phénolase dépend en toute première ligne de la nature du substrat. Toutes choses égales d'ailleurs, le chlorure de calcium par exemple retarde l'oxydation du gaïacol par la phénolase (— 74 °/₀) et accélère celle de l'orcine (+ 234 °/₀). Par contre, le sulfate de zinc stimule l'oxydation du gaïacol (+ 42 °/₀) et exerce une influence paralysante dans celle de l'orcine (— 34 °/₀). Le sulfate d'alumine favorise l'oxydation du pyrogallol et du réactif Röhmann-Spitzer, retarde l'oxydation de l'hydroquinone et du gaïacol et supprime complètement celle de l'orcine.

Dans l'interprétation de ces résultats, il y a en premier lieu à tenir compte des modifications que les sels apportent à l'état du milieu. G. Bertrand [1] a montré que l'accélération de l'oxydation spontanée de l'hydroquinone par les sels de manganèse varie avec la nature de l'acide qui est lié au manganèse : les sels qui s'hydrolysent facilement, produisent le maximum d'effet. C'est ainsi par exemple que l'acétate de manganèse est neuf fois aussi efficace que le sulfate J. Wolff [2] qui a étudié l'influence de quelques sels sur l'oxydation spontanée des phénols, a constaté que le phosphate disodique et le citrate trisodique agissent dans le même sens que l'acétate de manganèse. Mais l'influence accélératrice de ces sels n'est pas en raison directe de leur hydrolyse. Le phosphate disodique est le moins actif de ces trois sels bien qu'il s'hydrolyse beaucoup plus facilement que les autres. Le degré de dissociation hydrolytique est à peu près le même pour le citrate trisodique et l'acétate de manganèse, mais celui-ci exerce sur l'oxydation de l'hydroquinone une influence accélératrice beaucoup plus considérable que celui-là. De ces observations Wolff tire la conclusion que l'accélération produite par un sel ne dépend pas entièrement de son hydrolyse et qu'il y a d'autres facteurs encore qui y contribuent.

Si l'on envisage à ce point de vue les résultats que nous avons obtenus, on voit qu'il n'y a pas non plus de relation directe entre l'hydrolyse des sels que nous avons employés et l'influence

[1] *Comptes rendus*, 124, 1355 ; *Bull. Soc. Chim.*, 1897, 17, 753.

[2] Contribution à la connaissance des phénomènes oxydasiques naturels et artificiels, 1910 (Thèse).

qu'ils ont sur l'activité de la phénolase. D'une manière générale, les acétates sont plus efficaces que les chlorures et les sulfates, mais l'état hydrolysé d'un sel ne suffit pas encore pour déterminer une accélération de l'action de la phénolase. C'est ainsi, par exemple, que l'acétate de chaux produit un effet retardataire sur l'oxydation du pyrogallol par la phénolase (— 43 %) ; l'acétate de manganèse agit dans le même sens (— 66 %). Par contre, l'acétate de zinc produit une forte action accélératrice (+ 136 %) Mais la même acétate de zinc retarde l'oxydation de l'orcine (— 44 %). Le sulfate d'alumine qui se dissocie hydrolytiquement avec une très grande facilité, accélère l'oxydation du pyrogallol et du réactif Röhmann-Spitzer, retarde l'oxydation du gaïacol et de l'hydroquinone et abolit celle de l'orcine. On voit donc que la conclusion de Wolff reste juste lorsqu'on examine l'influence des sels non pas sur l'oxydation spontanée des phénols, mais sur leur oxydation par la phénolase.

Dans ses recherches sur les « oxydases artificielles », c'est-à-dire sur l'influence de divers sels ou de mélanges de sels sur l'oxydation spontanée des phénols, Wolff [1] a fait en outre l'intéressante observation que le ferrocyanure de fer colloïdal accélère l'oxydation de la pyrocatéchine en présence de citrate trisodique, mais pas celle de l'hydroquinone. Dans les mêmes conditions les sels de manganèse produisent un effet contraire : ils accélèrent l'oxydation de l'hydroquinone et n'exercent aucune influence sur celle de la pyrocatéchine. Wolff relève avec raison l'importance de cette observation pour la connaissance des phénomènes de spécificité qui se manifestent dans les oxydations catalytiques des phénols.

Les résultats que nous avons obtenus en étudiant l'influence des sels sur la phénolase révèlent des cas de spécificité très prononcée (voir plus haut). Les expériences de contrôle ont montré en même temps que, conformément aux faits observés par Wolff, l'influence spécifique des sels se manifeste déjà sur l'oxydation des phénols en dehors de toute action de la phénolase.

L'ensemble de ces faits est à notre avis peu compatible avec

[1] *Loc. cit.*

la supposition que l'influence variable qu'un sel peut exercer sur la phénolase suivant le substrat à oxyder, est attribuable à la présence, dans la phénolase, de *ferments spécifiques* qui se comportent différemment avec les sels (et les acides). Les faits nous disent plutôt que ce sont les substrats qui se comportent différemment avec les sels, ce qui modifie la vitesse de leur oxydation spontanée, c'est-à-dire la réaction fondamentale sur laquelle vient se greffer l'action du ferment. Les spécificités observées sont par conséquent à considérer comme faisant partie des propriétés des substrats et non de celles du ferment.

Quant à la cause de l'influence spécifique que les sels exercent sur l'oxydation des phénols, elle réside probablement dans la faculté que ceux-ci possèdent de s'unir aux sels pour former des composés complexes.

Weinland et Binder[1] ont montré tout récemment que la pyrocatéchine donne avec l'acétate ferrique en présence de potasse caustique un composé $Fe\ (C_6H_4O_2)_3\ K_3,\ 2\ H_2O$. Les sels d'aluminium, de cuivre, de nickel, de cobalt et de manganèse fournissent des composés analogues. D'autre part, le pyrogallol, l'acide gallique, l'acide salicylique et l'acide protocatéchique se comportent sous ce rapport comme la pyrocatéchine. En admettant que les phénols puissent se combiner aux sels en l'absence de potasse caustique, on conçoit que les propriétés des nouveaux complexes formés, et entre autres leur oxydabilité, diffèrent de celles des phénols eux-mêmes. Dans ce cas, ce qui déterminerait l'action de la phénolase, ce ne seraient pas les propriétés des phénols eux-mêmes, mais les propriétés de ces complexes.

Quoiqu'il en soit, les faits énoncés plus haut montrent suffisamment que l'hypothèse de l'existence de plusieurs phénolases spécifiques manque de base expérimentale.

II. *Essais faits en vue d'isoler directement les phénolases spécifiques hypothétiques, soit d'en démontrer l'existence.*

Pour contrôler la conclusion à laquelle nous sommes arrivés dans la première partie de nos recherches, nous avons institué des expériences dans le but d'isoler directement les phénolases

[1] *Ber. chem. Ges.*, 1912, 45, 148.

spécifiques ou du moins d'en démontrer l'existence. Dans la bibliographie des ferments oxydants, on trouve nombre d'indications tendant à faire admettre l'existence de phénolases spécifiques. Bourquelot [1] a trouvé que le suc de pommes de terre qui oxyde énergiquement la pyrogallol et l'hydroquinone est sans action sur le gaïacol. Issaïeff [2] a fait une observation analogue avec l'extrait de malt. Aso [3] se base sur l'observation de Bourquelot pour admettre l'existence d'une « gaïacolase », ferment spécifique qui n'oxyderait que le gaïacol. Lehmann et Sano [4] admettent aussi l'existence d'une « gaïacolase ». Wolff [5] a trouvé que la phénolase de l'arbre à laque n'oxyde pas l'orcine, tandis que la phénolase de Russulla delica l'oxyde rapidement. Il en tire la conclusion que le Russulla renferme une « orcinase » qui fait défaut dans le suc de l'arbre à laque. Rosell [6]. Kastle [7] et Vernon [8] attribuent l'oxydation du réactif Röhmann-Spitzer à une « indophénolase » différente de la phénolase ordinaire. On voit que les expériences que nous avons instituées n'étaient pas tout à fait sans objet.

Comme il a été mentionné plus haut, Bach et Sbarsky ont trouvé que pour paralyser complètement l'action de la phénolase dans l'oxydation de l'hydroquinone, il a fallu employer beaucoup moins d'acide que pour abolir son action dans l'oxydation du pyrogallol et du gaïacol. En admettant que chaque phénol soit oxydé par une phénolase spécifique et que ces phénolases spécifiques se comportent différemment vis-à-vis d'un seul et même acide, il semblait possible d'éliminer, par l'action ménagée des acides, les variétés plus sensibles et d'arriver ainsi à isoler les variétés moins sensibles.

Les expériences ont été effectuées comme il suit :

Ayant préparé une certaine quantité de phénolase, nous avons

[1] *Soc. biol.*, 1896, 896.
[2] *Zeitsch. physiol. Ch.*, 1904, 45, 331.
[3] *Beihäfte bot. Zentrbl.*, 1903, 15, 308.
[4] *Arch. Hyg.*, 1908, 67, 99.
[5] Loc. cit. 77.
[6] Nachw. und Vorbreit. intraz. Fermenten. Strassburg, 1901.
[7] *Bull. Hyg. Lab. Washington*, 1906, N° 26.
[8] *Journ. of Physiol.*, 1911, 42, 402.

déterminé les quantités d'acide chlorhydrique nécessaires pour paralyser complètement le ferment dans l'oxydation des trois phénols. Nous avons alors dissous la phénolase dans l'eau et nous avons ajouté à la solution un peu plus d'acide chlorhydrique qu'il n'en fallait pour détruire l'« hydroquinonase » hypothétique, soit la fonction de la phénolase d'oxyder l'hydroquinone. La solution acide a été précipitée par 4 fois son volume d'alcool fort, le précipité formé a été lavé à l'alcool à 80 % jusqu'à élimination de l'acide, puis par l'alcool absolu, et finalement séché dans le vide sur du chlorure de calcium. L'examen de la phénolase ainsi traitée a révélé qu'elle possédait encore toutes les propriétés de la phénolase primitive, quoique à un degré plus faible : elle oxydait non seulement le pyrogallol et le gaïacol, mais encore l'hydroquinone. L'expérience a été répété avec l'acide sulfurique à la place de l'acide chlorhydrique, mais le résultat a été le même.

N'ayant pas réussi à séparer les ferments spécifiques hypothétiques par l'action des acides, nous avons cherché à arriver au même but en recourant à la précipitation fractionnée du ferment par l'alcool en présence de sulfate de magnésie d'après la méthode de Bach [1]. Nous ne nous étendrons pas sur ces expériences qui seront publiées autre part. Nous nous bornerons à mentionner que dans quelques cas on arrive à *affaiblir* l'une ou l'autre des fonctions de la phénolase, mais jamais à la supprimer totalement sans détruire en même temps entièrement le ferment. C'est ainsi que nous avons eu entre les mains des préparations qui n'oxydaient que très faiblement le gaïacol, mais qui après addition d'une trace d'acide acétique l'oxydaient aussi bien que la phénolase primitive. L'action des fractions qui n'oxydaient que très peu l'hydroquinone se laissait considérablement renforcer par l'addition d'acétate de chaux ou d'acétate de manganèse.

Dans toutes ces expériences, nous avons eu l'impression qu'il ne s'agissait pas là d'une séparation de ferments spécifiques, mais simplement d'une élimination de certaines substances qui influent sur la phénolase dans un sens ou dans un autre.

[1] *Berichte*, 1911, 43, 362.

Dans ces conditions, il nous a paru intéressant de rechercher les causes des phénomènes de spécificité observés par quelques auteurs dans l'action de la phénolase.

Nous avons tout d'abord répété l'expérience de Bourquelot sur le suc de pomme de terre. Son observation s'est trouvée être parfaitement juste. Le suc frais oxyde énergiquement le pyrogallol et l'hydroquinone, mais reste sans action sur le gaïacol. Toutefois en ajoutant une trace de peroxyde d'hydrogène au mélange de suc de pomme de terre et de gaïacol resté incolore, nous l'avons vu se colorer instantanément en rouge foncé et déposer peu de temps après de la tétragaïacoquinone. Ce résultat paraissait à première vue incompatible avec les idées qu'on a aujourd'hui sur l'action de la phénolase. Le fait que le suc seul n'oxydait pas le gaïacol, mais l'oxydait bien en présence de peroxyde d'hydrogène, devait être interprété dans ce sens que le suc renfermait une *peroxydase,* mais était dépourvu d'*oxygénase*. D'autre part, l'oxydation rapide du pyrogallol et de l'hydroquinone indiquait clairement qu'il contenait de l'oxygénase en quantité suffisante. Ainsi qu'il a été établi par de nombreuses expériences, l'oxygénase, c'est-à-dire la partie de la phénolase qui absorbe l'oxygène de l'air, n'est pas *spécifique*, pouvant être remplacée par des peroxydes ou par des corps facilement oxydables qui forment des peroxydes en s'oxydant à l'air. Par conséquent on ne saurait expliquer l'inactivité du suc de pomme de terre vis-à-vis du gaïacol par le défaut d'une oxygénase plus spécialement destinée à en faciliter l'oxydation. L'étude plus approfondie du phénomène a levé cette contradiction apparente.

Le suc de pomme de terre renferme, à côté de phénolase, un ferment réducteur et des substances réductrices dont celui-ci accélère l'action. Il en résulte que le suc de pomme de terre est le siège de phénomènes d'oxydation et de phénomènes de réduction qui se manifestent simultanément. Suivant la réductibilité plus ou moins facile des produits d'oxydation, le processus d'oxydation apparaît comme retardé ou peut même échapper complètement à l'observation. Or les produits d'oxydation du gaïacol, comme le montrent les expériences suivantes, se laissent réduire beaucoup plus facile-

ment que les produits d'oxydation du pyrogallol et de l'hydroquinone.

Nous avons fait agir des quantités égales de phénolase sur des quantités équivalentes de gaïacol, de pyrogallol et d'hydroquinone dans un volume donné et, l'oxydation terminée, nous avons ajouté aux trois liquides des volumes égaux de suc de pomme de terre. Au bout de quelque temps les produits d'oxydation du gaïacol se sont complètement décolorés tandis que, dans les deux autres cas, les produits d'oxydation n'ont pas été sensiblement modifiés. Le même résultat s'obtient lorsqu'on remplace le suc de pomme de terre par un extrait de foie fraîchement préparé. Si l'on ajoute aux solutions phénoliques le suc de pomme de terre ou l'extrait de foie *avant* la solution de phénolase, l'oxydation du gaïacol se manifeste longtemps après celle du pyrogallol et de l'hydroquinone.

On voit donc que si le suc de pomme de terre semble être sans action sur le gaïacol, ce n'est pas parce qu'il lui manque une « gaïacolase » ou une oxygénase spécifique, c'est parce que, dans le suc, le processus d'oxydation est, en raison de la réductibilité facile des produits d'oxydation du gaïacol, *dominée par le processus de réduction.* En ajoutant du peroxyde d'hydrogène ou de la phénolase en excès au mélange, on déplace l'équilibre en faveur du processus d'oxydation et l'oxydation du gaïacol se manifeste aussitôt.

La cause des phénomènes de spécifité qui ont conduit Wolff à admettre l'existence d'une « orcinase » est de tout autre nature. Wolff fait observer lui-même que l'oxydation de l'orcine exige une alcalinité du milieu qui correspond sensiblement à celle du phosphate disodique. C'est donc la condition première de l'oxydation spontanée de l'orcine et partant *conditio sine qua non* de l'action de la phénolase sur ce substrat. Si une préparation de phénolase n'agit pas sur l'orcine, il faut songer en premier lieu à la réaction du milieu et n'admettre l'existence d'une « orcinase » spécifique que, le liquide rendu alcalin, la phénolase reste toujours sans action. Or l'expérience montre qu'il sufffit de donner au liquide l'alcalinité requise pour que l'action de la phénolase sur l'orcine se manifeste pleinement. Suivant Wolff, la « laccase » de l'arbre à lacque n'exerce aucune

action oxydante sur l'orcine, mais par contre le suc de Russla delica l'oxyde énergiquement.

Nous n'avons pas eu de « laccase » à notre disposition, mais nous avons trouvé que le système peroxydase + peroxyde d'hydrogène qui est de tout point comparable à la « laccase », est également sans action sur l'orcine. Nous avons donc institué des expériences d'oxydation comparatives en présence et en l'absence de phosphate disodique. Il s'est trouvé que des quantités minimes de phosphate qui, par elles-mêmes, n'accéléraient pas l'oxydation de l'orcine dans des proportions appréciables, produisaient avec le concours du système peroxydase + peroxyde une oxydation rapide de l'orcine.

Il résulte de cette expérience qu'il n'y a aucune raison d'admettre l'existence d'une « orcinase » spécifique.

La raison pour laquelle l'oxydation de l'α-naphtol + p-phénylènediamine est attribuée à une « indophénolase » différente de la phénolase ordinaire, ne nous apparaît pas clairement.

A priori, il est peu probable que la phénolase qui agit séparément sur l'α-naphtol et la p-phénylènediamine, reste sans action sur ces substances quand elles sont réunies. En effet, nous avons trouvé que toutes les préparations de phénolase que nous avons eues entre les mains nous ont donné la réaction de l'indophénol lorsque les conditions requises en ce qui concerne la réaction du milieu étaient remplies. Une autre preuve en faveur de l'identité de la phénolase et de l'« indophénolase », c'est le fait que le système peroxydase + peroxyde oxyde avec la plus grande facilité le réactif Röhmann-Spitzer en indophénol. Or jusqu'ici on ne connaît pas un seul cas où ce système se comporte vis-à-vis d'un réactif quelconque autrement que la phénolase. On peut donc parler de la réaction indophénolique de la phénolase, mais pas d'une « indophénolase » spécifique.

Dans un vaste travail bibliographique paru récemment sur les ferments oxydants, Battelli et Mlle Stern[1] cherchent à assigner à l'action de la phénolase une spécifité à laquelle on n'a pas attaché jusqu'ici une grande importance. En se basant sur une ancienne observation de G. Bertrand[2] d'après laquelle la lac-

[1] *Ergebnisse der Physiologie*, 1912, XII, 96-268.

[2] *Comptes rendus*, 1895, 120, 266.

case n'oxyderait que les phénols et les amines polyvalents, ils donnent à la phénolase le nom de « polyphénoloxydase » et la définissent comme étant le ferment qui effectue l'oxydation « des polyphénols et des corps aminés correspondants ». Bourquelot [1] a déjà prouvé que le ferment connu aujourd'hui sous le nom de phénolase oxyde aussi bien les monophénols que les polyphénols, les monoamines que les polyamines. A cela Battelli et Mlle Stern objectent que le ferment étudié par Bourquelot provenait de champignons et pouvait contenir de la tyrosinase. Il ne serait donc pas prouvé que les oxydations observées étaient dues exclusivement à l'action de la phénolase.

Nous nous sommes donné la peine — qui pouvait paraître superflue — de vérifier les observations de Bourquelot en nous servant de préparations de phénolase et de peroxydase aussi homogènes et pures que possible. Les résultats que nous avons obtenus ne laissent rien à désirer au point de vue de la clarté : la phénolase exempte de tyroninase et le système peroxydase + peroxyde qui lui équivaut, oxydent aussi bien les monophénols et les monoamines que les polyphénols et les polyamines. Le nom de « polyphénoloxydase » qui laisse supposer l'existence d'une « monophénoloxydase » n'a donc pas de raison d'être.

Résumé.

1. L'influence que les sels (*chlorure de calcium, acétate de chaux, sulfate et acétate de zinc, sulfate et acétate de manganèse, sulfate d'alumine*) exercent sur la phénolase dans l'oxydation de différents substrats (*gaïacol, hydroquinone, pyrogallol, orcine, α-naphtol + p-phénylènediamine*) varie avec la nature de ceux-ci. C'est ainsi, par exemple, que la chlorure de calcium retarde l'oxydation du gaïacol et du pyrogallol et accélère celle des autres substrats. Le sulfate de zinc accélère l'oxydation du gaïacol et du réactif Röhmann-Spitzer et retarde l'oxydation dans tous les autres cas.

2. Entre l'hydrolyse des sels et leur faculté d'exercer une influence sur le pouvoir oxydant de la phénolase, il n'existe pas

[1] *Comptes rendus*, 1896, 123, 315 et 423.

de relation directe. L'hydrolyse des sels n'est qu'un des facteurs qui produisent l'influence observée.

3. Les sels exercent déjà seuls, c'est-à-dire en dehors de toute intervention de la phénolase, une influence spécifique sur l'oxydation spontanée des substrats.

4. Il n'y a aucune raison d'attribuer à des *ferments spécifiques* les phénomènes de spécifité qui se manifestent dans l'action de la phénolase. Les spécifités observées sont des propriétés des substrats et non des propriétés des ferments.

5. Les spécifités observées sont probablement dues à ce que les sels forment avec les substrats des complexes dont les propriétés, l'oxydabilité entre autres, diffèrent de celles des substrats primitifs.

6. Toutes les tentatives d'isoler directement les ferments spécifiques hypothétiques contenus dans la phénolase, soit d'en démontrer l'existence, ont échoué.

7. L'étude de quelques cas de spécifité dans l'action de la phénolase, cas signalés par divers auteurs, a donné les résultats suivants :

a) Le fait que le suc de pomme de terre n'oxyde pas le gaïacol n'est pas dû au manque d'une « gaïacolase » spécifique, mais à la réductibilité facile des produits d'oxydation du gaïacol. Le suc de pomme de terre contient un ferment réducteur et des substances réductrices qui réduisent plus facilement les produits d'oxydation du gaïacol que les produits d'oxydation de l'hydroquinone et du pyrogallol. Par rapport au gaïacol, ce sont donc les processus de réduction qui dominent et qui récèlent les processus d'oxydation.

b) Le fait que certaines préparations de phénolase n'oxydent pas l'orcine s'explique par l'absence de sels à réaction alcaline (condition première de l'oxydation spontanée de l'orcine) et non par le manque d'une « orcinase ».

c) L'« indophénolase » est de tout point identique à la phénolase ordinaire, soit au système peroxydase + peroxyde.

d) Le nom de « polyphénoloxydase » n'a pas de raison d'être, la phénolase ordinaire oxydant aussi bien les monophénols que les polyphénols.

LES ALCALOÏDES ET LA LUMIÈRE ULTRA-VIOLETTE

PAR

Gustave MICHAUD
Docteur ès-sciences
Chimiste du Gouvernement de Costa-Rica

(Avec la planche XXII)

Foucault a constaté que l'argent, sous une faible épaisseur, était transparent pour certaines radiations ultra-violettes (comprises entre 3160 et 3260) et Woods [1] a récemment profité de cette propriété de l'argent pour exécuter, à l'aide d'un objectif de quartz argenté, d'intéressantes photographies en lumière ultra-violette. Les faits les plus curieux révélés par ces photographies ont été l'existence dans plusieurs cratères lunaires, d'une matière qui ne réfléchit pas la lumière ultra-violette pour laquelle l'argent est transparent, et le fait que cette propriété absorbante s'observe chez certaines fleurs blanches et chez l'oxyde de zinc.

Avec l'aide bienveillante du professeur Tristan j'ai photographié un assez grand nombre de corps simple et composés en employant un objectif de quartz de 32 centimètres de foyer, argenté sur ses deux faces et complètement opaque pour la lumière visible. Les résultats les plus saillants de ces recherches sont les suivants :

Parmi les composés inorganiques blancs qui sont noirs pour la lumière ultra-violette comprise entre 3160 et 3260, c'est-à-dire qui ne la réfléchissent presque pas, il faut ajouter à l'oxyde de zinc le sous-nitrate de bismuth et le carbonate de cérium. Le carbonate de zinc, photographié dans les mêmes circonstances, est grisâtre. Le vert de Schweinfurth et le carbonate de cuivre sont également bien plus obscurs que dans une pho-

[1] Communication présentée au Vme Congrès International de Photographie. Bruxelles, 1910.

tographie faite avec la lumière visible sur une plaque non orthochromatique. Les corps inorganiques noirs ou de couleur obscure, tels que le bioxyde de manganèse, l'oxyde cuprique, le noir animal, le graphite, l'oxyde d'uranium, le peroxyde de plomb, l'oxyde de molybdène paraissent en général se comporter en lumière ultra-violette à peu près comme en lumière visible.

Parmi les composés organiques, des différences inattendues et singulièrement tranchées s'observent pour les alcaloïdes et pour certains principes immédiats neutres d'origine végétale. La figure 1, pl. XXII, représente vingt-quatre de ces composés photographiés à travers la double pellicule d'argent. La figure 2 est une photographie des mêmes substances faite avec une lentille de verre de même foyer que celle de quartz argenté. Peut-être trouvera-t-on un jour quelque relation entre ces différences et la constitution chimique ou les propriétés physiques de ces corps. Il est intéressant de noter que dans deux cas d'isomérie probable, la quinine et la quinidine d'une part, la cinchonine et la cinchonidine de l'autre, les teintes sont voisines sinon égales.

Laboratoire national de chimie de Costa Rica
le 16 mai 1912.

SUR

LA THÉORIE MIASMATIQUE

ET LES IDÉES DU JOUR

PAR

A. TRILLAT

DE L'INSTITUT PASTEUR DE PARIS

Conférence faite à l'Aula de l'Université de Genève
le 30 janvier 1912

I

Comme l'indique le titre de ma conférence : « La théorie des miasmes et les idées actuelles », le sujet que je vais traiter devant vous présente un double caractère d'ancienneté et de nouveauté. Je veux surtout vous démontrer, ou tout au moins vous donner l'impression, que les théories actuelles de la contagion ne sont pas en contradiction avec les vieilles théories miasmatiques qui avaient leur fond de vérité.

Pour cela il faudra d'abord expliquer ce que les anciens entendaient par *miasmes* et comment ils les combattaient. Nous examinerons ensuite la valeur des procédés de désinfection alors utilisés.

Dans une deuxième partie nous verrons comment à la suite d'expériences et de diverses considérations on peut rattacher les théories modernes aux anciennes théories.

* * *

L'idée que l'on avait dès la plus haute antiquité sur l'origine et les causes des épidémies et sur la manière dont se propageait la contagion, a été la base des procédés de défense utilisés jusqu'au commencement du XIXe siècle. Pour les anciens, les

diverses épidémies décrites sous le nom de *pestes* avaient pour cause une corruption de l'air.

L'idée de la corruption de l'air engendrant les épidémies remonte à la plus haute antiquité, puisque Thucydide, qui a laissé des documents sur la peste d'Athènes, disait qu'elle avait son principe dans « un venin pestilentiel répandu dans l'air ». Procope en fait aussi mention.

Cette manière d'envisager la cause des épidémies a donné naissance à la théorie des miasmes, qui fut admise jusqu'au milieu du XIXe siècle. On peut remarquer que le miasme (μίασμα, souillure) se rencontre avec une signification parfaitement déterminée et correspondant à la plupart de ses acceptions modernes, dans plusieurs passages des livres hippocratiques.

D'abord exclusivement réservé aux émanations nuisibles produites pendant la vie par l'homme ou les animaux, ce terme a été appliqué peu à peu non seulement aux émanations putrides fournies par la décomposition des matières animales, mais aussi aux exhalaisons appelées morbifiques, auxquelles on avait réservé le nom d'effluves, et qui provenaient du sol, spécialement des marais.

Par suite d'un entraînement exagéré provenant des mots qui recouvrent une idée mal déterminée, le terme miasme a été souvent employé pour exprimer le mode d'action de certains milieux appelés aussi foyers d'infection et qui engendraient les plus redoutables des maladies infectieuses, telles que le choléra, la fièvre jaune, le typhus et la peste.

C'est en réunissant sous une même formule toutes les maladies dont le germe peut être transmis par l'atmosphère que l'on a donné une extension démesurée au cadre des maladies miasmatiques.

Ce ne fut qu'au cours du dernier siècle que l'on crut distinguer dans le miasme deux actions distinctes : l'une provenant des gaz délétères qui provoquaient le méphitisme ; l'autre, dont nous allons nous occuper, provenant de causes indéterminées et provoquant l'apparition de la maladie.

Les causes auxquelles on attribuait les diverses maladies désignées sous le nom de peste et de typhus étaient très nombreuses ; on peut ainsi les résumer :

1° L'entassement d'hommes sains ou malades dans des lieux resserrés où l'air se renouvelait lentement ou imparfaitement, dans les camps, dans les hôpitaux.

2° La putréfaction de corps morts en plein air ou l'exhumation de cadavres dont la décomposition était déjà avancée.

3° Les exhalaisons putrides qui se dégageaient d'eaux stagnantes, de terrains que des eaux avaient récemment abandonnés, de fossés, de cloaques fraîchement nettoyés.

4° L'habitation des rues très étroites, malpropres, mal aérées, où stagnaient des matières animales en putréfaction, et par où s'écoulaient les vidanges des boucheries.

Correspondant à ces diverses sources de miasmes, on distinguait le miasme des marais, le miasme du sol ou tellurique, le miasme des camps, le miasme des prisons, le miasme des hôpitaux ou miasme nosocomial. Chacun d'eux plus susceptible de donner lieu à une infection spéciale. Parmi les causes de la corruption de l'air engendrant l'épidémie, la puanteur était considérée comme étant la principale. Cette corruption atmosphérique était une des conséquences de l'amoncellement des cadavres abandonnés en plein air par les habitants des villes, sous l'influence de la terreur qui régnait dans ces temps d'épidémie.

* * *

Rien parmi les plus grandes catastrophes de nos jours ne peut donner une idée du sentiment de cette terreur et du désarroi général. On avait d'abord attribué les causes de la contagion à la corruption de l'air; mais quand la notion de la transmissibilité de la maladie fut acquise, la conviction populaire, que la peste pouvait être propagée par des semeurs d'onguents, porta la frayeur à son comble. En France, en Espagne, en Italie, la peur des semeurs de peste donna lieu à des actes de sauvagerie incroyables : des comités dénonçaient des coupables imaginaires; des juges infligeaient des tortures à de malheureuses victimes sur de simples soupçons, tandis que les morts et même les mourants, quand ils ne devenaient pas la proie des terribles *monati*, étaient entassés dans les carrefours des villes qu'ils ne tardaient pas à transformer en vastes charniers, d'où s'exhalaient ces redoutables odeurs qu'on appelait alors pestilentielles.

Aussi, ceux qui les affrontaient étaient-ils considérés comme des héros : les historiens, les poètes et les peintres eux-mêmes nous en ont transmis des souvenirs impérissables.

Appelons à notre aide quelques projections qui vont nous en donner une impression saisissante.

Voici, à titre d'exemple, la représentation du célèbre tableau du peintre Troy (1610-1752) contemporain de la fameuse peste de Marseille de 1720. En même temps que les amoncellements de cadavres dans un des principaux quartiers de Marseille, l'auteur a voulu nous peindre le dévouement du chevalier Roze procédant à leur enfouissement et donnant ainsi à ses concitoyens l'exemple du courage.

Voici encore la reproduction d'un tableau de Gros célébrant l'héroïsme de Bonaparte allant visiter les pestiférés de Jaffa pendant la campagne d'Egypte en 1799. Son état-major est visiblement impressionné par l'odeur des pestiférés, odeur redoutée alors comme étant la source du mal et que l'on combattait par l'usage des parfums. C'est ce qu'a voulu également nous dépeindre le poète Barthélemy, en parlant de ces généraux qui ne comptaient cependant pour rien la mort sur les champs de bataille, mais qui dans la circonstance :

« Pâles imitateurs d'un magnanime effort,
Pour la première fois tremblent devant la mort,
Et dans cet air chargé d'atomes homicides,
Se penchent avec soin sur des parfums acides. »

La notion de la puanteur était donc toujours liée à celle de la contagion. Nous avons même hérité jusqu'à un certain point de cette notion, puisque actuellement le mot *empester,* dégagé de sa signification première, ne s'applique plus qu'à la mauvaise odeur.

* * *

Partisans convaincus du caractère infectieux de ces émanations, les anciens médecins se mirent à étudier toutes les causes qui, de loin et de près, avaient une influence sur la formation des miasmes. « La connaissance de ce qui retarde ou accélère la putréfaction, disait Bacon, est la chose la plus propre à expliques les opérations les plus cachées de la nature. » Macbride,

Pringle et Guyton de Morveau cherchèrent à établir une relation de cause à effet entre les émanations putrides et les épidémies : ils nous ont laissé de fort curieux documents sur ce sujet.

L'idée de la contamination par des miasmes divers a donc dominé l'opinion de tous les anciens hygiénistes ; elle s'est même perpétuée jusqu'au cours du siècle dernier. Le passage suivant, que j'extrais d'un rapport de Guyton de Morveau, indique clairement qu'au commencement du dix-neuvième siècle cette opinion n'avait encore guère varié.

« Nous savons par une fatale expérience, dit-il, que les substances tant animales que végétales, quand elles sont dans un état de corruption, sont les sources funestes des maladies les plus redoutables, depuis la fièvre maligne jusqu'à la peste elle-même. »

A cette même époque, on attribuait encore l'origine des épidémies aux émanations odorantes les plus diverses. Ainsi Pringle relate des exemples de fièvres des prisons et des hôpitaux, qu'il attribue aux gaz dégagés par des organes gangrenés. Il fait également mention de l'apparition d'une épidémie provoquée à Venise par un amas de poissons pourris et cite que la ville de Delft en Hollande fut contaminée par la putréfaction de choux entassés. On pourrait multiplier ces citations à l'infini. Cependant on peut être étonné que la notion de la transmission de la véritable peste par les rats ait été complètement perdue au cours des derniers siècles. Il semble, en effet, que les Hébreux avaient observé la concomittance de l'apparition des épidémies avec les invasions des rats. C'est le cas de montrer par cette nouvelle projection l'intéressante interprétation qu'a donnée le Poussin du verset de la Bible dans lequel il est question de la peste et des rats.

Partisans convaincus du caractère infectieux de ces émanations odorantes, les anciens médecins imaginèrent même un appareil pour en déterminer les proportions dans l'atmosphère et ils le désignèrent sous le nom peu euphonique de « cacomètre ».

Pour les anciens, le « venin » existait dans l'air, aussi cherchèrent-ils tout d'abord à le « médicamenter », suivant l'expres-

sion pittoresque de Pestalossi, dans son Traité sur les *Avis contre la Peste* (1721).

« Il faut conserver par quelques artifices l'air en sa pureté, écrivait aussi François Ranchin en 1640, dans ses *Opuscules et Traictés divers*, cela se fera par le moyen des feux publics et particuliers que l'on pourra ordonner, afin de chasser et dissiper les séminaires de l'infection. »

Voilà pourquoi ils s'adressèrent en premier lieu à l'agent destructeur par excellence, c'est-à-dire au feu. Tel est le point de départ des innombrables procédés de purification par les feux, les fumées et les parfums, que nous a laissés Lemaître, dans son ouvrage intitulé : *Les très approuvés remèdes contre la peste*. Ils reposaient sur un principe scientifique, contrairement à certaines pratiques qui les ont précédé et qui avaient pour but de chasser les démons et les génies des maladies, comme l'indique Bartels qui a fait une étude complète des diverses circonstances dans lesquelles on utilisait anciennement les feux pour chasser les génies des maladies.

* * *

Beaucoup d'auteurs font remonter l'usage des feux à Hippocrate qui, ayant reconnu que la peste avait son principe dans un venin répandu dans l'air, préconisait leur emploi dans les rues des villes infectées.

Cependant, on lui trouve des prédécesseurs, puisqu'on cite Empédocle et Acron d'Agrigente qui firent mettre le feu à des forêts entières pour préserver les villes de la contagion.

Hippocrate, qui avait fait allumer des feux dans les rues d'Athènes, ne serait donc qu'un imitateur ; quoi qu'il en soit, on rapporte que ceux qu'il ordonna d'allumer firent disparaître la contagion ; on sait que les Athéniens reconnaissants l'honorèrent d'une couronne d'or.

Ce procédé de désinfection ne tarda pas à se vulgariser dans toute la Grèce, car, après qu'Hippocrate eut délivré la ville d'Athènes de la peste en désinfectant l'air par le moyen des feux, il envoya ses disciples dans les villes empestées pour leur rendre le même service.

L'usage de brûler certaines substances végétales pour la

désinfection est relaté dans un grand nombre d'ouvrages. Homère l'a célébré, ainsi que Pline le Jeune, qui en recommande la pratique. Rhasès recommande les vapeurs du vinaigre brûlé, et cet usage s'est prolongé jusqu'au siècle dernier : Dimerbroek répandait en effet du vinaigre sur des cailloux fortement chauffés, d'après ce qu'on lit dans l'ouvrage intitulé *De Pestio Noviomagensis principio, vigore et fine (1635),* et je citerai l'emploi qu'en fit ultérieurement Desgenettes.

Sennert, d'après ce que relate Vic d'Azyr dans les *Sciences physiologiques et médicales*, mêlait des baies avec des racines et s'en servait pour fumiger.

Paracelse y joignait le soufre, dont les propriétés antiseptiques avaient déjà été reconnues dès la plus haute antiquité, puisque Homère l'avait signalé. Citons maintenant quelques cas célèbres où ces pratiques furent utilisées.

Dans la peste de 1347, le Collège de Paris recommanda de faire brûler dans les appartements et dans les places publiques des sarments de vignes, de lauriers et des herbes odoriférantes.

Dans la peste de Milan, en 1629, et en 1630, on ordonna aux pestiférés et aux suspects de purifier leurs maisons avec des herbes odoriférantes, etc.

Dans la peste de Digne, d'après Papon, en 1629, on fit des fumigations dans les maisons et dans les rues, pour purifier la ville.

Pendant les diverses pestes de Marseille, on a recommandé un mélange de poix résine et de poix noire, de graines de lierre et de genièvre jetées sur une botte de foin à laquelle on mettait le feu. Au cours de la terrible épidémie de 1720, ce fut grâce à l'érudition d'un médecin que l'on remit en pratique l'usage des feux.

« Mais, dans le trouble où on était, on ne savait quel parti prendre. On reçut avec avidité l'avis d'un médecin qui, ayant lu qu'Hippocrate, lorsque la peste désolait l'Attique, avait fait allumer des feux dans les rues d'Athènes, conseilla d'en allumer à 5 heures du soir pendant trois jours de suite. »

A Moscou, on employa des baies de genièvre, que l'on faisait brûler, mélangées avec du gaïac en poudre.

Dans l'Andalousie, lors de la fièvre jaune, Guyton de Morveau

relate qu'on fit allumer sur les places et dans les rues de grands feux de bois de sapin vert. Le même auteur dit que pour désinfecter l'église de Dijon, on avait allumé des brasiers sur lesquels on jetait des herbes odorantes.

Enfin, dans certains cas, on allumait des « chaufours », c'est-à-dire des fours à chaux dans les grandes avenues et les places publiques. On pourrait ainsi encore multiplier les exemples, démontrant que, dans la plupart des pays, on a eu recours, en temps d'épidémie, à l'usage des feux et des fumées.

Après avoir désinfecté l'air par le feu, on a été amené à désinfecter les hommes, les animaux, les habits, les appartements, les objets.

La désinfection des corps autres que l'air atmosphérique ne semble pas avoir été mise en pratique chez les peuples anciens, si l'on en excepte les Hébreux. En effet, le *Lévitique* est peut-être le seul livre qui renferme les préceptes détaillés sur la manière de purifier les vêtements et les maisons souillés de la lèpre.

D'après Pestalossi, on peut diviser en deux catégories les substances utilisées pour la désinfection :

1° Les plantes et les baies, parmi lesquelles les plus employées étaient l'absinthe, l'aloès, la girofle, la gaïac, le genièvre, la lavande, le laurier, la sauge et le sapin.

2° Les gommes, résines, les baumes, parmi lesquels l'adragante, l'asa fœtida, le baume du Pérou, le camphre, l'encens, la myrrhe, divers poix et le succin.

Il existait une infinité de recettes utilisant ces produits pour la désinfection des maisons, tels que parfums en cassolette, en pastilles, des torches pour la production de la fumée, etc.

D'après Pestalossi, « on parfumait les hommes soupçonnés de peste, tant pour la santé particulière que pour le salut du public ». Cette désinfection se faisait en même temps que celle des habits. Les personnes à désinfecter étaient enfermées dans une chambre dans laquelle on bouchait les orifices avec soin ; on y disposait au milieu un brasier, sur lequel on jetait un mélange de produits végétaux.

Les médecins et les personnes, comme les confesseurs, qui étaient obligés par leur profession d'approcher les pestiférés,

et qui se trouvaient, par conséquent, plus spécialement exposés aux atteintes de la maladie, prenaient des précautions qu'ils jugeaient indispensables pour ne pas être contaminés. On ne devait rien porter qui fut de nature « susceptible ». On ne devait spécialement se servir ni de laine, ni de coton, ni de fourrures, ni de velours, mais adopter des vêtements de « camelot » ou de soie brute, ne traînant point à terre et ne faisant aucun pli.

On recommandait aux médecins l'emploi de certains appareils contenant des parfums qu'ils disposaient devant leur visage quand ils sortaient.

Lorsqu'ils traversaient des quartiers envahis par l'épidémie, certains d'entre eux se faisaient précéder de serviteurs portant des torches ou brûle-parfums, qui les environnaient d'une fumée protectrice.

De là les accoutrements les plus bizarres.

Voici, par exemple, la reproduction d'une gravure du temps, représentant un médecin revêtu du vêtement et portant un bâton de poix et de résine parfumée.

Voici une autre reproduction qui pourrait servir d'épouvantail à nos enfants et qui montre le même médecin, muni d'un appendice désodorisant, fixé devant son nez et sa bouche.

Ces dispositifs étaient très usités : on cite, par exemple, que pendant la peste d'Aix, en 1720, les médecins n'allaient jamais voir les pestiférés sans faire porter devant eux un flambeau de poix. Le malade devait, en attendant le médecin, faire allumer un réchaud dans lequel on brûlait des graines de genièvre : ce réchaud était placé entre le lit du malade et le médecin, de manière à les séparer par un dégagement constant de produits gazeux.

C'est aussi en utilisant un semblable procédé que les prêtres recevaient parfois la confession des malades. La distribution de l'hostie se faisait par l'intermédiaire d'une longue baguette de bois, qui supprimait ainsi tout contact entre le malade et le prêtre.

La désinfection du linge était obtenue en étendant les hardes sur des cordes : on les laissait exposées pendant plusieurs heures, l'opération était plusieurs fois renouvelée.

Pour la désinfection des étables, on allumait des feux de sarments ou de sapin devant la porte de l'étable, de manière à la remplir de fumées, et à l'intérieur, on brûlait des baies de genièvre.

Pour la désinfection du papier, Papon indique de le placer ainsi que les livres dans une boîte en fer-blanc, de forme ronde, ayant deux pieds carrés et haute de quatre à cinq pieds. Les livres et papiers étaient exposés sur une grille, disposée sous le couvercle et au-dessus des braises ardentes, sur lesquelles on jetait la dose nécessaire de substances pour produire la fumée : on laissait agir celle-ci jusqu'à ce que les livres et le papier eussent pris une couleur jaune.

On appliqua en même temps les fumigations pour la désinfection des vêtements, marchandises et personnes venant d'Orient, et aux quarantaines. L'introduction des fumigations dans les quarantaines fut considérée comme un perfectionnement, car on se contentait seulement, dans le début, de faire séjourner les personnes dans cette retraite, et l'on y attendait leur désinfection « du temps, de l'air et de la nature ».

C'est pendant la période de quarantaine, au lazaret, que s'opéraient la plupart des mesures de désinfection, spécialement applicables aux matières dites *susceptibles* : laine, coton, lin, soie, pelleteries, draps, étoffes, crin, éponge, etc.

La généralisation de l'emploi des feux et des fumées s'est transmise jusqu'au commencement du siècle dernier, époque à laquelle les savants français étudièrent la désinfection et se mirent à remplacer les anciens procédés par des méthodes chimiques.

Guyton de Morveau, Fourcroy, Vauquelin, Berthollet, Desplat et Huyard eurent à s'occuper, au commencement du siècle dernier, des meilleurs moyens de désinfection ; ce fut la condamnation des anciennes fumigations.

Guyton de Morveau, créateur d'une nouvelle méthode, basée sur la production du chlore gazeux et qui est relatée dans son traité des moyens de désinfecter l'air, prétendit, comme Fourcroy et Vauquelin, que les combustions des végétaux n'étaient réellement désinfectantes que par l'acide pyroligneux qui s'en dégageait.

A son tour, la méthode guytonienne ne fut pas non plus épargnée par la critique.

Enfin l'avénement des théories pasteuriennes, à la suite des immortelles découvertes du Maître dans la deuxième moitié du siècle dernier, et la connaissance du rôle joué par les micro-organismes dans la transmission des épidémies, donnèrent un nouvel essor aux recherches concernant les procédés de désinfection. Ce fut l'ère de l'acide phénique, du bichlorure de mercure, de l'acide sulfureux, enfin, récemment, du formol : leur description sort du cadre de notre sujet.

* * *

C'est le moment de se demander si, dans les anciennes méthodes de fumigations, on s'est placé dans des conditions favorables pour la désinfection.

C'est bien la conviction qu'on retire d'un pareil examen : les anciens médecins sont arrivés, à la suite de patientes observations, non seulement à sélectionner les substances susceptibles de fournir les vapeurs les plus antiseptiques par leur combustion incomplète, mais aussi à faire intervenir des facteurs extrêmement favorables à leur application.

On peut s'en convaincre en examinant spécialement, dans les anciennes méthodes, les prescriptions concernant le choix des substances à brûler, le mode de combustion, la température à laquelle on faisait les fumigations, etc.

Dans toutes les recettes de fumigations, on peut constater que les baies de genièvre étaient en grand honneur : elles rentraient dans toutes les compositions des mélanges.

C'est, en effet, l'une des substances dont la combustion incomplète fournit le plus d'aldéhyde formique polymérisée. Il en est de même de l'emploi des racines riches en saccharose et du miel, qui est la base d'un grand nombre de recettes, et dont la décomposition, sous l'influence de la chaleur, fournit un abondant dégagement de dérivés aldéhydiques, pouvant, dans certains cas, atteindre 2 à 3 % du poids de cette substance. Voici, à titre d'exemple, deux tableaux dont la projection résume les résultats obtenus dans mes recherches personnelles au cours de la combustion de diverses substances :

Tableau indiquant les doses d'aldéhyde formique trouvées dans les produits gazeux de la combustion de diverses substances brûlées dans un foyer à parois de verre.

Nature du combustible	Formaldéhyde en milligr. par kg. du poids du combustible	Nature du combustible	Formaldéhyde en millig. par kg. du poids du combustible
Bois de sapin	27	Paille.............	83
Bois de chêne.......	53	Charbon...........	7
Bois de noyer.......	39	Charbon...........	11
Bois de châtaignier ..	30	Briquettes.........	14
Papier blanc écolier .	28	Tourbe............	18
Papier d'emballage ..	12	Benzine...........	8
Papier filtre	20	Pétrole	25
Ouate..............	13	Toluène...........	25

Tableau indiquant les quantités d'aldéhyde formique dégagées par la combustion de certaines substances

	Poids de formaldéhyde pour 100 gr. de substance comburée	
Sucre brut...........	0^{gr},520	4^{gr},500
Sucre raffiné..........	0^{gr},700	5^{gr},760
Pastinaca sativa	0^{gr},285	
Beta vulgaris	0^{gr},190	
Baies de genièvre......	0^{gr},315	
Graines d'encens	0^{gr},180	

La combustion du sucre et de certaines racines riches en saccharose est donc une véritable source d'aldéhyde formique.

L'usage du vinaigre, que l'on faisait vaporiser en le répandant sur des cailloux fortement chauffés, comme l'indiquent Hippocrate, Dimerbroeck et comme l'a répété Desgenettes, médecin en chef de l'armée d'Egypte, qui faisait brûler du vinaigre de vin pour se défendre de la peste, n'en est pas moins remarquable. L'évaporation pure et simple de l'acide acétique ne fournit que des vapeurs de ce corps ; mais si cette évaporation a lieu à chaud en présence de substances poreuses, comme c'est le cas pour les cailloux chauffés, il se produit des polymères de l'aldéhyde formique. La même observation s'applique au vin, que l'on répandait sur des corps poreux préalablement chauffés.

Ainsi, dans ces méthodes, les anciens médecins ont préparé, sans le savoir, un antiseptique de premier ordre, et, dans ce

but, ils ont utilisé l'action des corps poreux, c'est-à-dire des agents catalytiques, comme on le fait aujourd'hui dans la fabrication de l'aldéhyde formique !

On peut même dire que la disposition des appareils dans lesquels on brûlait les substances remplissait des conditions très favorables à l'action catalytique, comme on peut s'en rendre compte dans la description de l'appareil décrit par Papon pour la désinfection du papier. Les brûle-parfums, encensoirs et autres instruments, destinés à produire des fumées, constituaient de véritables formolateurs par leur forme, la nature des métaux qui les composaient, et la disposition des orifices destinés au passage de l'oxygène.

On trouve dans certains musées, notamment au British Muséum de Londres, dans les collections égyptiennes et assyriennes, des appareils classés sous le nom de brûle-parfums, et qui, à mon avis, ont bien pu être utilisés comme appareils de désinfection en temps d'épidémie...

La désodorisation, constatée anciennement à la suite de l'application des fumigations, est scientifiquement expliquée par les combinaisons que donnent instantanément les aldéhydes avec les produits odorants qui se dégagent de la matière organique en putréfaction, notamment avec les amines grasses ou avec les mercaptans et leurs dérivés. La transformation des gaz puants en produits inodores est facilitée par la différence qui existe entre leurs poids moléculaires et celui de l'aldéhyde formique, et qui fait que des traces de celle-ci neutralisent des quantités relativement considérables de ces gaz.

Les anciens attribuaient une très grande importance à la disparition de la mauvaise odeur, puisque, pour eux, toute épidémie en était accompagnée. Et ils ont eu, par ce moyen, un procédé grossier de contrôle.

Les propriétés désodorisantes des fumées sont encore utilisées dans une foule de cas : tout le monde connaît la pratique qui consiste à brûler du sucre sur une pelle chauffée, ou à brûler des graines de genièvre dans les chambres des malades ou des morts, pour faire disparaître les mauvaises odeurs. La désinfection des fosses est encore obtenue dans certaines régions par l'introduction de fagots à demi consumés.

C'est encore un usage courant chez les puisatiers d'allumer des brasiers dans les puits, pour corriger les exhalaisons de la terre ; on recommande, par exemple, dans certaines régions, d'introduire dans les puits des fagots allumés, qu'on laisse éteindre.

Il est intéressant de constater qu'au cours de l'application de ces désinfections à l'air des objets, on soit arrivé à distinguer l'action infertilisante et l'action microbicide.

« On peut médicamenter l'air, disait Pestalossi, soit en détruisant par un *correctif* l'exhalaison vénéneuse, soit en employant un *défensif* qui les empêche de se charger du levain vénéneux. »

Le correctif qui détruit l'exhalaison correspond évidemment à la destruction du germe pestilentiel, tandis que le défensif est un moyen préservatif. On peut donc supposer que la notion de l'action *infertilisante* et de l'action *microbicide*, dans le sens que nous attachons aujourd'hui à ces mots, était connue à l'époque de Pestalossi.

Concluons donc que pour nos ancêtres, et même pour nos ancêtres de l'âge de pierre, lorsqu'ils vivaient dans des tanières, à une époque où il ne pouvait être question d'hygiène et où les causes de contamination s'accumulaient, ces fumées ont été des agents d'assainissement et de désodorisation qui, non seulement ont contribué à atténuer la contagion des épidémies, mais ont rendu supportable la cohabitation au milieu de tant de causes de fermentations putrides.

II

Au lieu d'envisager comme les anciens le miasme, c'est-à-dire les atmosphères chargées d'émanations putrides comme causes déterminantes, on peut maintenant se demander s'il ne peut constituer par sa composition chimique un milieu particulièrement favorable à la conservation et au développement des germes pathogènes qui s'y trouvent exposés.

L'hypothèse que des doses infinitésimales d'émanations putrides puissent agir sur les microbes n'a rien qui doive nous surprendre. Ce phénomène est dans l'ordre de grandeur et de ces doses et des microbes.

Rien de plus commun dans le domaine biologique que ces actions exercées sur les microbes par des traces infinitésimales de substances. Tout le monde connaît les expériences de Raulin démontrant l'influence de doses infinitésimales d'argent sur l'*Aspergillus niger*. Je citerai encore les expériences de Richet qui montrent que le chlorure de baryum à la dose de un milliardième de gramme exerce encore une action sur le ferment lactique ensemencé dans un litre de lait. On pourrait encore multiplier les exemples : ainsi les émanations du radium se sont révélées comme étant actives à une dose inférieure à la millionième partie d'un millième de milligramme.

Quant aux microbes, pour vous donner une idée de la petitesse de leur poids, il me suffira de dire qu'il faut environ cinq millions de levures alcooliques pour en faire un milligramme, ce qui fait que le poids d'un seul de ces microorganismes est égal à la cinq-millionnième partie d'un milligramme. Et le poids d'un microbe sera encore beaucoup plus faible, puisque ses dimensions sont encore plus petites que celles de la levure, sans parler de ceux dont la ténuité est à peine perceptible aux meilleurs microscopes.

On peut donc prévoir que les microbes dans l'air sont en état d'être influencés par des proportions de substances gazeuses qui pourront nous paraître infinitésimales, mais qui pour les microbes seront encore bien supérieures à leurs poids et capables (qu'on me pardonne cette expression bien impropre, mais qui traduit bien ma pensée), capables, dis-je, de leur donner une indigestion !

Et on peut prévoir dès maintenant qu'ils pourront être influencés de deux manières : soit favorablement, c'est ce qui répond à la notion de l'effet du miasme, soit défavorablement quand l'air est antiseptique.

Nous examinerons successivement ces deux cas.

* * *

Les miasmes, comme nous l'avons vu plus haut, étaient toujours considérés comme constitués par la présence dans l'air de substances organiques altérées volatiles, provenant de déchets végétaux ou animaux en voie de décomposition. Si donc nous

voulons les reproduire, c'est à la putréfaction organique que nous devons nous adresser.

Qu'est-ce que c'est que la putréfaction ? Une putréfaction, c'est une décomposition de produits organiques qui s'effectue sous l'influence de microbes. Pour qu'elle ait lieu il faut donc, d'une part une substance organique à attaquer et, d'autre part, un agent de la décomposition. Il suffira de mettre en contact substance et microbe pour que le phénomène s'accomplisse. Ce phénomène est extrêmement compliqué : beaucoup de savants en ont étudié les phases que je m'abstiendrai de décrire : le résultat final est que presque toute la matière solide passe à l'état gazeux et se répand à cet état dans l'atmosphère. C'est l'influence de semblables atmosphères ainsi viciées par les gaz putrides qu'il s'agit d'expérimenter sur la vitalité des microbes. Voyons comment on peut procéder.

L'expérience la plus simple consiste à s'adresser à une matière albuminoïde bien connue, à l'ensemencer avec un microbe de la décomposition, à exposer à son atmosphère, comparativement à l'air normal dans les mêmes conditions de température et d'humidité, un germe déterminé et à observer les modifications survenues dans sa vitalité. Comme matière organique, on peut prendre le bouillon nutritif ordinaire et comme agent de décomposition, on peut s'adresser au *B. Proteus vulgaris*. Celui-ci se présente, comme le montre la projection, sous forme de bâtonnet à mouvements rapides, mesurant un millième de millimètre de longueur sur six dix-millièmes de millimètre de largeur. Il existe même de grands bâtonnets qui ont parfois des cils vibratils. Il est aérobie aussi bien qu'anaérobie et croît rapidement sur tous les milieux même à basse température : son nom lui vient des variations de formes fréquentes qu'il est susceptible de prendre suivant les circonstances. On le rencontre partout et les récents travaux qui viennent d'être faits à son sujet au laboratoire de M. le professeur Metchnikoff, montrent qu'il n'existe pour ainsi dire pas de putréfaction sans la présence du *Proteus*.

En ensemençant ce microbe dans le bouillon, il va donc nous fournir rapidement une ambiance putride que l'on pourra toujours reproduire dans les mêmes conditions. Pour étudier son action, il suffira maintenant d'exposer dans cette atmosphère

putride, comme je viens de le dire, des microbes divers et de voir si cette exposition leur est profitable. Ce sont ces expériences dont je vais vous donner le résultat.

Je n'entrerai pas dans la technique excessivement délicate des opérations : je me bornerai à dire qu'il a été fait un nombre considérable d'expériences qui ont permis, comme vous allez en juger, de conclure que les produits gazeux de la décomposition organique pouvaient exercer une influence sensible sur la vie des microbes.

Examinons quelques cas. Les levures alcooliques exposées à une atmosphère contenant des traces pour ainsi dire indosables de gaz putrides, comparativement aux levures exposées à l'air normal dans les mêmes conditions d'humidité et de température, ont donné après leur ensemencement dans un liquide sucré les chiffres d'alcool exprimés dans le tableau suivant :

I

	Air témoin	Air souillé	Air témoin	Air souillé	Air témoin	Air souillé
Levure alcoolique	72 gr.	112 gr.	40 gr.	80 gr.	Lev. tuée	168 gr.
	80	128	68	96	—	320
	72	112	224	272	—	168
	41	96	132	160	—	Lev. viv.
	132	282	144	178	—	—
	156	184	144	220	—	—

II

	Observations après	Témoins (air nor.)	Essais (air vic.)	Observations après	Témoins (air nor.)	Essais (air vic.)
Diphtérie	24 heures	0 col.	28 col.	48 heures	0 col.	35 col.
	48 »	10 »	50 »	3 jours	—	50 »
	3 jours	30 »	87 »	4 »	—	83 »
				5 »	—	100 »
Peste	24 heures	0 »	62 »	24 heures	—	50 »
	48 »	36 »	100 »	48 »	—	75 »
	3 jours	75 »		3 jours	—	88 »

Ce tableau montre qu'il y a eu une activité beaucoup plus considérable dans le même temps pour les levures exposées à l'air putride. Bien plus, le même tableau montre que dans certains cas la levure est morte d'un côté, tandis qu'elle a vécu dans

l'autre. Si on remplace, dans les mêmes expériences (tabl. II), les levures par des germes pathogènes, tels que la diphtérie, le B. typhique et la peste, les résultats sont encore dans le même sens, comme l'indique la deuxième partie du tableau : on voit, par exemple, pour ce qui concerne la diphtérie, qu'après 24 heures, 28 % des essais exposés avaient fourni des colonies, tandis qu'aucun témoin n'avait encore cultivé, et qu'après trois jours, 87 % des essais avaient cultivé, contre 30 % des témoins.

Mais on voit aussi, ce qui est très important à retenir, que dans certaines expériences les germes exposés aux atmosphères normales ont été tués, alors qu'ils ont vécu dans les atmosphères putrides.

On ne s'est pas borné à des expériences dans lesquelles l'ambiance avait été préparée au laboratoire : on s'est adressé à toute une série de substances en voie de putréfaction naturelle, telles que produits animaux, produits végétaux, vases de marais, terre végétale, eau d'égout, produits gazeux de la respiration, etc. ; partout le résultat a été le même.

Enfin, cette étude a été confirmée par une expérience capitale consistant à soumettre des microbes en suspension dans l'eau à l'action comparative d'un courant d'air pur et d'un courant d'air vicié.

L'essai témoin a été exécuté en se plaçant sur un glacier, suffisamment éloigné des habitations : on a choisi pour la circonstance le glacier de Tré-la-Tête, dans le massif du Mont-Blanc, non loin de St-Gervais-les-Bains, au-dessus du village de Contamines.

Les essais de comparaison ont eu lieu dans le Chalet-Hôtel situé au bas du glacier. L'atmosphère ambiante était forcément imprégnée des émanations de tous genres qui se dégagent des lieux habités.

L'examen des cultures des microbes soumis à ces expériences comparatives a démontré que le passage de l'air pur avait exercé sur eux une action antiseptique, tandis que l'air vicié avait eu une action conservatrice.

Ainsi donc, nous voyons des exemples très nets dans lesquels

l'introduction de produits gazeux de la décomposition animale ou végétale a eu une influence favorable et parfois décisive sur la vitalité des microbes.

* * *

Une question peut être posée ici : les ambiances favorables sont-elles uniquement constituées par la présence de gaz putrides et cette présence suffit-elle pour conférer à coup sûr à l'air cette qualité ?

Assurément non : d'autres gaz que ceux de la putréfaction peuvent rendre l'atmosphère plus favorable à la conservation des microbes. Cependant, jusqu'à maintenant, ce sont les gaz putrides qui ont fourni les résultats les plus probants et c'est spécialement sur eux que l'attention s'est portée : on sait qu'ils se forment dans une infinité de cas journaliers, ce qui justifie l'ordre de cette étude. D'autre part, il faut bien noter que la présence de gaz putrides ne suffit pas pour créer forcément une ambiance favorable : il faut encore un concours de circonstances dans lesquelles interviennent la nature des germes de la putréfaction, l'âge de la décomposition et son degré d'intensité, la température, l'humidité, etc., comme nous le verrons plus loin.

On peut maintenant se demander comment et par quel mécanisme se produit cette action favorisante des gaz putrides sur les microbes. Pour répondre d'une façon satisfaisante à cette question, il faudrait tout d'abord connaître la composition chimique de ces substances : or, ce travail est loin d'être fait, son exécution paraît devoir être très difficile, sinon impossible. Tout au plus est-on autorisé à supposer actuellement que quelques-unes de ces substances appartiennent à la classe des amines supérieures. En l'état actuel de la science, deux hypothèses peuvent être faites :

1° On peut invoquer l'alcalinité, quoique très légère, des milieux putrides. On sait que la matière albuminoïde est sensible à des doses infinitésimales d'alcali. Sous cette influence elle acquiert la propriété de se gonfler et de s'hydrater plus facilement.

Le gonflement du protoplasma des germes n'est pas étranger à la rapidité de leur reproduction : il y a peut-être une analogie à établir avec les bouillons liquides que l'on a soin d'alcaliniser légèrement pour favoriser la culture.

Cet état alcalin, si faible soit-il, du milieu gazeux putride protège le microbe contre l'action chimique de la lumière. On sait que les rayons chimiques du soleil provoquent, d'après Duclaux, des effets d'acidification dans la matière albuminoïde : cette action destructive, on peut du moins le supposer, doit être ralentie par le milieu gazeux alcalin saturant les premiers effets de l'acidification.

2° La deuxième hypothèse consiste à considérer ces gaz comme susceptibles de fournir une alimentation de souffrance aux microbes dépourvus de toute autre alimentation plus favorable. On sait, en effet, qu'à défaut d'une nourriture normale, les microbes savent s'assimiler pour les besoins de leur défense les substances les plus inattendues. C'est ainsi que l'on a nourri des algues avec des antiseptiques puissants, comme l'aldéhyde formique. Dans les produits gazeux de la décomposition de la matière albuminoïde on retrouve, du reste, l'acide carbonique, l'hydrogène, le phosphore, le soufre, c'est-à-dire tous les éléments de la cellule.

On peut donc supposer que tout microbe, surtout quand il se trouve dans un état précaire d'existence, peut trouver dans un air impur un aliment qui lui permet de prolonger son existence.

Mais voici que le phénomène se complique : nous avons vu plus haut que les microbes pouvaient être influencés soit favorablement, soit défavorablement. Ce dernier cas se produit quand l'ambiance est antiseptique. L'ambiance est antiseptique quand elle contient certaines substances gazeuses dont la présence a une action nuisible sur les microbes. L'ambiance est encore antiseptique quand elle renferme en fortes proportions ces mêmes substances, comme l'ammoniaque ou les amines grasses qui, à faibles doses, sont au contraire favorables aux microbes.

La nature favorable ou défavorable d'une ambiance atmosphérique viciée, selon le hasard des circonstances, par des

émanations putrides provenant du sol ou des matières animales, dépend donc d'une foule de facteurs, tels que l'âge de la putréfaction, le germe microbien, la composition de la substance : c'est aussi une question de proportion et de durée de contact. On ne peut donc prédire à l'avance, dans l'état actuel de la question, qu'une certaine ambiance doive être nécessairement favorable aux microbes.

Ne nous étonnons pas de cette contradiction : elle ne fait que confirmer la règle générale des actions physiologiques que nous connaissons tous. Ainsi l'arsenic à faibles doses est profitable à notre organisme : il en est de même de certains alcaloïdes. A hautes doses, ils deviennent toxiques redoutables. De même le manganèse à doses infinitésimales facilite le développement de certaines cultures : à hautes doses, il les arrête.

Et dès lors s'expliquent les contradictions apparentes, faites anciennement à la théorie miasmatique, et qui reposaient sur certaines remarques qui étaient bien de nature à faire naître le doute.

C'est ainsi que l'on avait observé que des locaux infectés par des odeurs putrides avaient toujours été indemnes en temps d'épidémies, et que certaines professions, comme celles des boyaudiers et des vidangeurs, conféraient une immunité. On rapporte qu'à Marseille, pendant une des grandes pestes, on avait recommandé d'ouvrir les cloaques et les canaux renfermant les immondices, afin d'en répandre le contenu dans les rues. Bien entendu, aujourd'hui, aucun hygiéniste n'oserait préconiser de semblables méthodes de préservation : d'ailleurs l'histoire ne nous dit pas si les expérimentateurs de ce système, pour échapper aux chances de contagion, ne furent pas victimes du méphitisme, c'est-à-dire d'un empoisonnement par les poisons volatils. Ne les imitons pas.

* * *

Le fait que des ambiances favorables soient capables d'exalter l'activité des microbes et de prolonger leur existence, ne fut-ce que pendant quelques heures, n'est pas sans importance. Il donne la clef de quelques phénomènes inexpliqués jusqu'à présent. Telles sont, par exemple, les altérations subites ou plutôt

hâtives de certaines matières organiques qui se produisent pendant les temps d'orages.

De tous temps, on a observé que le lait, la viande, le gibier, le bouillon s'altéraient très rapidement dans certaines circonstances : le phénomène du caillage du lait, notamment si fréquent au cours du ramassage du lait, à la suite d'orages, est bien connu de tous les propriétaires de laiteries.

On a cherché depuis longtemps à expliquer ces accidents fâcheux, aussi bien pour le vendeur que pour la ménagère. Les uns ont rendu l'électricité et l'ozone, qui se produit à la suite des décharges électriques, justiciables de ces altérations : d'autres ont fait intervenir simplement des conditions plus favorables de température et d'humidité. Or, de récentes expériences viennent de démontrer qu'il fallait rapporter l'excitation du ferment lactique en grande partie aux émanations gazeuses qui se dégagent du sol et des objets sous l'influence de la dépression atmosphérique : chacun sait que celle-ci fait ressortir les odeurs. Les dépressions atmosphériques ont donc pour effet de provoquer le dégagement de gaz emmagasinés par le sol et les objets. Et, à ce titre, elles facilitent la formation d'ambiances favorables à la conservation et à l'activité des ferments lactiques en suspension dans l'air. Les temps d'orages engendrent, dans les locaux où abondent des matériaux en voie de décomposition, de meilleures conditions d'ensemencement du lait, surtout si l'on tient compte qu'à ce moment la température et le degré d'humidification sont généralement élevés : la superposition de tous ces facteurs suffit donc pour faire avancer de plusieurs heures le temps habituel du caillage du lait.

Il est à supposer que les phénomènes d'altérations hâtives d'autres substances organiques, telles que celles de la viande, du gibier, de certains liquides fermentescibles, des levures de boulangerie, etc., observées pendant les temps d'orages, peuvent être expliquées de la même manière. Enfin, quelque avancée que puisse paraître cette hypothèse, on ne peut s'empêcher d'établir un rapprochement entre ces résultats et les observations si souvent signalées sur l'aggravation des

plaies et l'extension subite des épidémies, à la suite de perturbations météorologiques.

L'action favorisante de certaines atmosphères putrides justifie encore l'ancienne classification des objets d'après ce qu'on appelait leur « susceptibilité », c'est-à-dire d'après la propriété qu'ils étaient supposés avoir de conserver et de transmettre la contagion. On comprend maintenant plus facilement pourquoi, par exemple, les vêtements de laine et certains tissus, dont les mailles peuvent emprisonner plus longtemps les émanations gazeuses du corps humain, offrent un abri plus favorable à la conservation des microbes que le vêtement de soie. Aussi, en temps d'épidémie, les règlements ordonnaient-ils aux médecins de se vêtir de soie camelot.

L'aptitude biologique des microorganismes de se transformer selon leurs besoins d'existence fait que l'on peut se demander si la présence de certaines ambiances ne peut pas avoir la propriété d'exciter plus spécialement tel ou tel germe parmi la multitude d'autres microbes. En d'autres termes, on peut se demander s'il n'existe pas une affinité entre certains gaz et certains microbes, affinité qui jouerait vis-à-vis d'eux, pour ainsi dire, le rôle d'une amorce. Et dès lors, la notion d'ambiance prendrait une grande importance : elle expliquerait le réveil subit de germes endormis, et par suite, l'explosion d'épidémies qui éclatent après une perturbation cosmique, un orage, un tremblement de terre, une inondation, autant de circonstances qui changent la composition chimique de l'air et modifient par suite la vitalité des microbes soumis à son influence. On peut même encore se demander si parfois l'évolution de la maladie chez le porteur de germes ne peut pas être influencée à la faveur de la présence d'une de ces substances volatiles, dont nous ignorons la composition... Mais je me hâte d'ajouter que ces dernières hypothèses sont absolument gratuites. Ce n'est que lorsque l'analyse plus complète des gaz de la putréfaction aura été faite et lorsqu'on aura mieux déterminé l'action favorable ou défavorable d'autres corps gazeux sur les microbes exposés à l'air, qu'on pourra échaffauder ces hypothèses un peu plus solidement.

En résumé, l'ensemble des considérations et des expériences

que je viens d'exposer permettent de conclure que les gaz provenant des décompositions organiques, que les anciens appelaient des miasmes et qui souillent communément l'air que nous respirons, peuvent constituer, dans certaines circonstances, des atmosphères favorables à la conservation et au développement des microbes. Ces atmosphères n'engendrent pas l'agent épidémique, comme le pensaient les anciens, mais elles lui donnent un regain d'activité.

* * *

Et c'est pour cela que nous pouvons dire, avec le recul des années, que la théorie miasmatique n'est pas en contradiction avec la théorie pasteurienne, et que toutes deux sont susceptibles de se souder l'une à l'autre.

Lorsqu'on étudie l'évolution médicale depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, on est frappé de ce fait que la plupart de nos théories et de nos applications ont des ramifications dans les temps les plus reculés. Chaque siècle, en arrivant, apporte son flot d'observations, chaque siècle, en se retirant, laisse aussi l'alluvion fertile sur laquelle de nouvelles connaissances vont bientôt germer. Et c'est ce qui explique que les vieilles théories nous sont souvent resservies sous une forme nouvelle, plus adaptées à l'état de nos connaissances : ayons donc pour elles le respect que nous devons éprouver pour les personnes âgées.

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

Le Comité porte à la connaissance des membres de la Société l'extrait suivant des résolutions prises en avril 1912 par le Conseil de l'Association internationale des Sociétés chimiques:

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES SOCIÉTÉS CHIMIQUES

Extrait du Procès-verbal de la seconde session du Conseil

tenue à Berlin, du 11 au 13 avril 1912.

Sont présents :

A) comme membres du Conseil avec voix délibérative : MM. *W. Ostwald*, Président, *H. Wichelhaus*, Vice-Président ; *P. Jacobson*, Secrétaire général, pour la Deutsche Chemische Gesellschaft ; *A. W. Crossley*, *P. F. Frankland*, *W. Ramsay* pour la Chemical Society, London ; *A. Béhal*, *A. Haller*, *M. Hanriot* pour la Société chimique de France ; *Fr. Fichter*, *Ph.-A. Guye*, *A. Werner* pour la Société suisse de Chimie ; *W. A. Noyes* pour l'American Chemical Society ; *N. S. Kurnakow*, *L. A. Tschugaeff*, *P. J. Walden* pour la Société chimique russe.

B) avec voix consultative : MM. *Charles Marie* pour la Société de chimie physique à Paris ; *Fr. Auerbach* pour la Deutsche Bunsen-Gesellschaft ; *E. Cohen* pour la Nederlandsche Chemische Vereeniging ; *H. Goldschmidt* pour la Polyteknisk Forenings Kemikergruppe à Christiana ; *E. Biilmann* pour le Kemisk Forening à Copenhague.

Parmi les participants sous lettre B) : MM. *E. Cohen*, *H. Goldschmidt* et *E. Biilmann* prennent place au cours de la session, parmi les membres avec voix délibérative, après en avoir reçu le mandat du Conseil de l'Association.

Les membres du Conseil suivants : MM. *Carrara*, Società Chimica Italiana ; *Day* (American Chemical Society), *Oglialoro* (Soc. Chim. Ital.), *Paternò* (Soc. Chim. Ital.) et *Richards* (American Chemical Society), étant empêchés, ont fait excuser leur absence.

M. W. Ostwald, Président de l'Association, préside la session. Le Président présente tout d'abord un « Rapport sur le développement de l'Association pendant la première année de son existence, d'avril 1911 à avril 1912 ». L'Association qui ne se composait au

début que des trois sociétés fondatrices : Deutsche Chemische Gesellschaft, Chemical Society London et Société chimique de France, a considérablement grandi au cours de cette année ; elle rayonne actuellement sur presque tous les pays dans lesquels il existe des sociétés chimiques. Pendant la session, d'autres demandes d'admission et de représentation au Conseil sont parvenues. L'état de l'Association à la fin de la session est indiqué dans la liste suivante dans laquelle les Sociétés sont classées par ordre d'admission :

	Nombre de membres
*Deutsche Chemische Gesellschaft (25-4-1911)	3352
*Chemical Society, London (25-4-1911)	3132
*Société Chimique de France (25-4-1911)	1024
Société de Chimie physique (15-6-1911)	202
Deutsche Bunsen Gesellschaft f. angewandte physikalische Chemie (19-6-1911)	719
*Nederlandsche Chemische Vereeniging (14-7-1911)	502
*Société suisse de Chimie (3-8-1911)	287
*American Chemical Society (6-10-1911)	5603
*Société chimique russe (22-10-1911)	399
*Polyteknisk Forenings Kemikergruppe, Christiania (27-10-1911)	105
*Verein Oesterreichischer Chemiker (28-10-1911)	972
*Società Chimica Italiana (11-1-1912)	648
*Kemisk Forening, Copenhague (23-1-1912)	137
Tokyo Chemical Society (18-3-1912)	544
*Société Espagnole de Physique et de Chimie (10-4-1912)	?
Ensemble environ	18000

*Ces Sociétés sont autorisées, comme représentant leur pays, à envoyer chacune trois délégués au Conseil. (Cf. art. 4 et 5 des Statuts).

L'ordre du jour porte ensuite :

Propositions concernant des modifications et des compléments aux Statuts. La discussion conduit à l'adoption unanime de quelques modifications aux art. 4, 5 et 12 réglant le mode de vote lors de l'admission de nouvelles sociétés dans l'Association et lors de modifications statutaires, ainsi qu'à un art. 13 complémentaire concernant le cas d'égalité de votes contraires. Les articles revisés des Statuts, à la suite de ces décisions, sont reproduits dans l'annexe I.

On passe ensuite aux *rapports des Commissions* sur les questions suivantes :

1° *Nomenclature en chimie inorganique.*

2° *Nomenclature en chimie organique.*

3° *Unification des symboles physiques.*

Conformément aux décisions du Conseil, dans sa première ses-

sion à Paris, les 25 et 26 avril 1911, les Sociétés représentées au Conseil avaient été priées de nommer des commissions pour l'étude de ces divers points. En conséquence, les Sociétés suivantes : Deutsche Chemische Gesellschaft, Chemical Society London, Société chimique de France, Société suisse de Chimie, American Chemical Society, Société chimique russe, avaient nommé chacune trois commissions. Les dix-huit commissions ont déposé leur rapport.

La tâche principale du Conseil était d'aboutir à une entente sur l'organisation nécessaire pour traiter ces questions ; les questions en elles-mêmes devant être renvoyées à des délibérations ultérieures. En particulier, il fallait décider si l'on devait encore continuer l'étude de ces questions dans des commissions « nationales » ou s'il était préférable d'instituer déjà de plus petits comités de travail « internationaux ». Le Conseil aboutit à cette conclusion qu'il fallait traiter différemment les questions 1 et 2 d'une part et la questions 3 d'autre part.

Il a pris à l'unanimité la décision suivante en ce qui concerne *la nomenclature chimique, organique et inorganique :*

« Les Commissions nationales doivent continuer à subsister
« pour le moment. Les Sociétés représentées au Conseil qui n'ont
« pas encore nommé de Commissions seront invitées à le faire.

« Les travaux des Commissions seront soumis à un examen
« avant la prochaine session du Conseil. Le Bureau de l'Associa-
« tion se mettra d'accord avec les membres du Conseil qui font
« partie des Commissions pour décider du mode suivant lequel il
« sera procédé à cet examen ».

Pour éviter les confusions qui pourraient se produire si les différentes propositions présentées au sujet de la nomenclature dans les Commissions nationales étaient publiées dans les journaux chimiques et risquaient par conséquent d'être employées prématurément par les auteurs, le Conseil a pris, à l'unanimité, la résolution suivante :

« Le Conseil exprime le vœu que l'on doit éviter absolument
« l'introduction de nouvelles propositions relatives à la nomen-
« clature en lieu et place de la nomenclature usitée actuellement,
« jusqu'à ce que ces questions aient été réglées par l'Association.
« Les propositions sur les questions de nomenclature émises par
« les auteurs doivent être présentées aux Commissions existantes
« comme matières à délibération ».

« Il y a lieu d'inviter les diverses Sociétés chimiques à publier
« cette résolution dans leurs journaux ; en même temps il reste
« entendu que la publication de noms nouveaux correspondant à
« de nouveaux besoins (par exemple pour la découverte de nou-
« velles séries de corps) est naturellement autorisée ».

La composition des Commissions nommées jusqu'ici par la nomenclature chimique, inorganique et organique est indiquée dans l'annexe 2.

En ce qui concerne la troisième question : *unification des symboles physico-chimiques*, on a insisté, soit dans les rapports des Commissions nationales, soit au cours de la discussion, sur le gros travail préparatoire déjà fait dans cette direction de divers côtés (Ausschuss für Einheiten und Formelzeichen, Deutsche Bunsen-Gesellschaft). A l'unanimité le Conseil a considéré qu'il n'était pas nécessaire de conserver les Commissions nationales organisées en 1911. En conséquence, le Conseil a institué un Comité international composé des membres du Conseil plus spécialement intéressés à cette question par leur genre de travaux ; ce Comité a été composé de MM. Carrara, Cohen, Day, Goldschmidt, Guye, Ostwald, Ramsay, Richards et Walden. Il a été chargé de travailler le plus possible d'accord avec les organisations déjà crées dans le même but.

M. Ostwald fait savoir que les membres du *Comité international des poids atomiques* (MM. Clarke, Thorpe, Urbain et lui) se sont prononcés pour la jonction de ce Comité à l'Association internationale. Après discussion, M. Ostwald reçoit du Conseil mission de s'entendre avec les membres actuels du Comité international des poids atomiques pour l'*élaboration d'un Statut relatif à son organisation future ;* ce statut sera soumis au Conseil de l'Association dans sa prochaine session.

Le Conseil étudie alors les propositions faites pour les travaux ultérieurs de l'Association.

M. Guye recommande l'unification des abréviations des titres de journaux et périodiques scientifiques; il est chargé par le Conseil de préparer la réalisation de cette unification pour la prochaine session.

M. Ostwald présente sa brochure « Die Weltformate » (Ansbach, 1911) et parle en faveur de l'*unification des formats des publications scientifiques*. Le Conseil unanime exprime le vœu que toutes les Sociétés chimiques se préoccupent de faire toutes leurs publications dans le format universel 16×22,6 cm. (rapporté à l'exemplaire coupé) ou dans un format qui s'en déduise logiquement. Le Conseil décide aussi à l'unanimité que les imprimés de l'Association seront publiées dans ce format.

La question soulevée aussi par M. Ostwald d'une *langue auxiliaire internationale* conduit à une discussion très nourrie, au cours de laquelle les points de vue les plus différents ont été émis sur les divers faits en rapport avec cette question. La discussion conduit à l'adoption unanime de la proposition suivante :

« Le Conseil désire instituer une Commission chargée d'étu-

« dier d'une façon toute générale les moyens de remédier aux « difficultés qu'apporte actuellement dans la littérature scientifi- « que la diversité des langues.

« Chaque Société représentée au Conseil déléguera à cette Com- « mission un de ses membres du Conseil. Le délégué suisse sera « chargé de diriger les débats de cette Commission ».

Enfin, on approuve le *rapport comptable sur les frais généraux de l'Association pendant la période écoulée,* frais qui s'élèvent en chiffres ronds à Mk. 1200, soit 6 à 7 pf. par membre.

La prochaine session du Conseil aura lieu en Angleterre au milieu de septembre 1913. Sir W. Ramsay a été désigné comme Président ; jusqu'à la prochaine session, le bureau de l'Association [1] est composé des délégués de la Chemical Society à Londres, à savoir :

Sir W. Ramsay, à Londres, Président ;
Prof. Percy G. Frankland, à Birmingham, Vice-Président ;
Prof. Arthur W. Crossley, à Londres, Secrétaire général.

W. Ostwald, Président.
H. Wichelhaus, Vice-Prisident.
P. Jacobson, Secrétaire général.

Annexe I

Articles revisés des Statuts [2] de l'Association internationale des Sociétés chimiques :

Art. IV. — L'Association est dirigée par un Conseil formé d'un certain nombre de membres. Chaque pays ne peut être représenté dans le Conseil que par une seule Société chimique, qui désignera trois représentants.

Art. V. — Le Conseil actuel comprend les délégués des Sociétés fondatrices, c'est-à-dire de la Société chimique allemande (Deutsche Chemische Gesellschaft), de la Société chimique anglaise (Chemical Society of London) et de la Société chimique française (Société Chimique de France).

La représentation d'une autre Société dans le Conseil ne pourra être décidée que par celui-ci, et à la majorité des deux tiers des votants.

Art. XII. — Toute modification aux statuts exigera la présence de la moitié au moins de la totalité des membres du Conseil. Les décisions seront prises à la majorité des deux tiers des membres votants.

Art. XIII. — Excepté les cas prévus par les articles V et XII,

[1] Toute la correspondance doit être adressée dorénavant à : M. le Prof. W. Crossley, Chemical Society, Burlington House (London W.).

[2] Voir le texte précédent : *Arch. Sc. ph. nat.* 4, 5, 33, p. 429.

tout vote émis par le Conseil sera valable à la majorité absolue des votants.

A égalité de voix, celle du Président est prépondérante.

ANNEXE II

Composition des Commissions nationales de nomenclature

I. — NOMENCLATURE DE CHIMIE INORGANIQUE

Deutsche Chemische Gesellschaft : *R. Lorenz* (président), Francfurt-.a-M., Kettenhofweg 136. *K. A. Hofmann*, Charlottenburg, Witzlebenstrasse 26. *A. Rosenheim*, Berlin NW., Alsenstrasse 3.

Chemical Society, London : Sir *William Ramsay* (président), London NW., 19, Chester Terrace, Regents Park. *J. C. Cain*, London N. E., 28, Pembury Road, Lower Clapton. *A. Harden*, Richmond (Surrey), 2, Marlborough Road.

Société Chimique de France [1] : *F. Bourion*, Paris, 21, rue Vauquelin (rapporteur). *V. Auger*, Paris, 25, rue Humboldt. *R. de Forcrand*, Montpellier, *M. Delépine*, Paris, 2, rue Alphonse-Daudet. *P. Lebeau*, Paris, 4, avenue de l'Observatoire. *E. Rengade*, Paris. 10, rue Daguerre. *G. Urbain*, 69, Grand'Rue, à Bourg-la-Reine (Seine).

Société Suisse de Chimie : *A. Werner*, Zurich, Freie Strasse, 111. *V. Kohlschütter*, Bern, Freie Strasse, 3.

American Chemical Society : *J. L. Howe* (président), Wash. and Lee Univ., Lexington, Va. *Philip E. Browning*, Kent. Chem. Lab., Yale University, New Haven, Ct. *E. C. Franklin*, Hygienic Laboratory, Washington, D. C. *C. H. Herty*, Univ. of N. C., Chapel Hill, N. C. *H. M. Patterson*, Xenia, Ohio. *Owen Shinn*, Dept. of. Chemistry, Univ. of Penna., Phila., Pa. *A. L. Voge*, Library of Congress, Washington, D. C.

Société russe de Chimie : *N. Kurnakow*, Saint-Pétersbourg. Berg-Institut. *A. Gorboff*, Saint-Petersbourg, Chem. Laborat. der Nicolai-Ingenieurakademie. *L. Tschugaeff*, Saint-Pétersbourg, Chem. Laborat. der Universität.

II. — NOMENCLATURE DE CHIMIE ORGANIQUE

Deutsche Chemische Gesellschaft : *P. Jacobson* (rapporteur). Berlin W. 10, Sigismundstr. 4. *C. Graebe*, Frankfurt-a.-Mein, Westendst. 28. *R. Pschorr*, Berlin-Grunewald, Humboldtstr. 34.

[1] MM. *A. Béhal*. *A. Haller*, *M. Hanriot*. délégués par la Société chimique de France au Conseil de l'Association internationale, font partie également de toutes les commissions de la Société chimique de France.

R. Stelzner, Berlin W. 50, Regensburger Str. 11. *J. Thiele*, Strassburg i. Els., Gœthestr., Chem. Institut.

Chemical Society, London : W. P. Wynne (rapporteur), Sheffield, The University. *J. C. Cain*, London N. E., 28, Pembury Road, Lower Clapton. *A. J. Greenaway,* The Orchard, Chertsey, Surrey. *F. S. Kipping*, Nottingham, University College.

Société Chimique de France[1] *: L. Maquenne*, Paris, 19, rue Soufflot (rapporteur). *G. Bertrand*, Paris, 26, rue Dutoit. *E.-E. Blaise*, Paris, Faculté des Sciences. *P. Freundler,* 6, place Denfert-Rochereau. *V. Grignard*, Nancy. *R. Marquis*, Paris, 10, rue Charles-Divry. *Ch. Moureu*, Paris, 17, rue Soufflot. *M. Sommelet,* Paris, 4, avenue de l'Observatoire. *A. Valeur,* Paris, 73, Boulevard Montparnasse.

Société Suisse de Chimie : A. Pictet, Genève, rue Bellot, 13. *Fr. Fichter*, Bâle, Neubadstr. 35.

American Chemical Society : *M. T. Bogert* (rapporteur), Columbia University, New-York. *Ira Remsen*, John Hopkins Univ., Baltimore, Md. *M. Gomberg*, Univ. of Mich., Ann. Arbor, Mich. *C. S. Hudson*, Bureau of Chemistry, Washington, D. C. *T. B. Johnson*, Yale University, New Haven, Ct. *J. F. Norris*, Simmons College, Boston, Mass. *W. A. Noyes,* Univ. of Illinois, Urbana, Ill. *J. B. Tingle,* Mc Master Univ., Toronto, Canada.

Société russe de Chimie : A. Faworsky, Saint-Petersbourg, Chem. Laborat. der Universität. *N. Zelinsky*, Moscou, Chem. Laborat. der Universität. *W. Ipatiew*, St-Petersbourg, Artillerieakademie.

[1] Voir la note page précédente.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 avril 1912

M. Brun. Sur quelques propriétés de la silice. — M. Tommasina. Les conclusions de Ritz sur la théorie électrique de la gravitation. — M. Tommasina. Les conclusions de Ritz sur la théorie électrique de la gravitation.

M. Albert BRUN montre que les propriétés des silicates (verres), vis-à-vis de la chaleur, sont réglées par les propriétés de la silice. Les verres se comportent tout comme le verre de silice pure.

L'auteur a déjà montré que les premiers ne possèdent pas de point de fusion, il en est de même pour $Si\ 0_2$. On ne peut déterminer pour ce corps que des points de transformations.

Le colloïde ou verre de $Si\ 0_2$, dit fondu, est un corps très instable, qui se transforme très vite en tridymite ou en quartz.[1]

L'auteur a déjà déterminé qu'à $T = 1780°$ le quartz se transforme en colloïde dur et résistant (verre). Ce verre, à son tour, se transforme rapidement en tridymite, pourvu qu'il soit maintenu seulement 4 à 5 heures de temps à la température de 1280°-1330° à peu près.

Il semble que cette transformation est un peu favorisée par de faibles émanations alcalines, telles qu'il peut s'en échapper d'un magma alumino-alcalin en fusion (albite, orthose).

Or, comme dans un volcan une $T = 1280°$ peut être facilement atteinte, il s'en suit que la genèse de la tridymite dans les laves ne demande pas de conditions particulières, et n'est qu'une conséquence des propriétés de la silice. (L'auteur rappelle qu'en présence des chlorures alcalins, la température nécessaire à cette cristallisation est encore plus basse.)[2]

[1] A. Brun. *Arch. Sc. phys. et nat.* (4), t. XIII, avril 1902.

[2] A. Brun. *Arch. Sc. phys. et nat.*, t. XXV, p. 610, juin 1908.

C'est aussi vers 1280°-1300° que le colloïde de silice, dit fondu, peut se déformer. M. Brun présente des tubes de quartz fondu, ayant 40 millimètres de diamètre de lumière et 3 millimètres d'épaisseur de parois, qui furent chauffés après qu'on y eut fait le vide.

Ces tubes furent aplatis et courbés sans ruptures par l'effet de la pression atmosphérique, lorsque la température ci-dessus indiquée fut atteinte.

On peut donc considérer ce point comme déterminant une T, minimum amenant la déformation.

L'auteur confirme donc ce que les recherches poursuivies à Charlottenbourg, à l'égard des matériaux réfractaires, avaient déjà fait connaître, en y ajoutant certaines données numériques.

M. Th. Tommasina. *Les conclusions de Ritz sur la théorie électrique de la gravitation.*

Le mémoire de Walther Ritz, dont j'ai donné quelques aperçus dans ma Note précédente,[1] termine avec les conclusions que voici : « En résumé, si deux siècles de recherches ne nous ont donné encore aucune indication d'une connexion entre la Gravitation et d'autres phénomènes, *en particulier les phénomènes électromagnétiques ;* si la propagation de cette force dans un temps fini reste problématique, il est probable que cela tient à l'imperfection de nos connaissances des lois exactes des phénomènes électriques, et que nous pouvons, dans un avenir plus ou moins prochain, espérer, à défaut d'une explication mécanique de la Gravitation, une réduction de cette force aux actions électriques. *Ce sera là, pour l'unité de nos conceptions physiques, un pas de la plus haute importance.* »

Je commence pour faire remarquer, que, contrairement à ce que pensent certains physiciens qui désapprouvent les études théoriques qui ont pour but de rechercher et d'établir la vraie nature physique du phénomène de la gravitation, Ritz en reconnaît *la haute importance ;* qu'il constate qu'on a cherché pendant deux siècles, mais qu'on n'a pas encore trouvé, *la connexion entre la Gravitation et d'autres phénomènes,* dont il nomme *en particulier les phénomènes électromagnétiques ;* qu'il attribue enfin la cause de cette nonréussite à *l'imperfection de nos connaissances des lois exactes des phénomènes électriques.* On y voit aussi, que Ritz trouve que *nos conceptions physiques manquent ainsi d'unité,* et qu'*il espère, à défaut d'une explication mécanique de la Gravitation, une réduction de cette force aux*

[1] Walther Ritz. La Gravitation. *Scientia*, vol. V, a. III (1909), n° X-2, p. 152-165.

actions électriques. Tout cela montre que les idées de Ritz étaient certes aux antipodes de celles des critiques que je viens de mentionner, et qu'il approuvait les recherches qui restent à faire dans ce domaine. Ritz avait jugé exactement la valeur scientifique du problème et il avait compris l'immense portée qu'aura sa solution pour le progrès de la Physique, seulement il s'y était pris mal pour la trouver.

Pour arriver aux conclusions, que je viens de citer, Ritz avait examiné, avant tout, les explications mécaniques de la Gravitation qu'il groupait en *statiques* et *dynamiques*.. Ritz plaçait dans la première catégorie les hypothèses d'après lesquelles *la matière déformerait l'éther environnant, et cette déformation se propageant de proche en proche agirait sur d'autres portions de manière à donner l'apparence d'une attraction*. Il fait observer que si la matière pondérable se trouve en équilibre, il en sera de même (du moins au bout d'un certain temps) de l'éther. Cette hypothèse, la plus simple, observe Ritz, remonte à Newton; mais Maxwell a montré que, sans la préciser davantage, on peut la rejeter d'emblée. D'ailleurs, Maxwell avait entrevu la possibilité d'une explication des forces électrostatiques, mais il a échoué. *On voit donc*, conclut Ritz, *qu'un éther capable de donner les apparences de la Gravitation, serait, même en l'absence de corps matériels, en état d'équilibre instable, ce qui est inadmissible*. Or, je fais observer ici que cette inadmissibilité se transforme en son contraire, et même en une nécessité si, au lieu de considérer l'ancien éther métaphysique inactif, on considère son remplaçant physique actif, qui est le milieu électromagnétique.

C'est bien étrange que Ritz n'y ait pas pensé, car il continue ainsi : « Nous sommes donc nécessairement conduits à introduire des *mouvements cachés*, de manière à avoir affaire *à une énergie de nature cinétique même lorsque les masses pondérables, seules perceptibles à nos sens, sont au repos. Le criterium du minimum de l'énergie, dès lors ne s'applique plus et le problème devient résoluble en principe*. » Or, dès que l'on admet les mouvements cachés, toute énergie est forcément cinétique, et dès que l'on admet la théorie électronique, toutes les masses, en dernière analyse, sont électromagnétiques. La pondérabilité d'une masse quelconque doit donc être fonction du rapport entre les pressions des activités convergentes, existant dans le champ électromagnétique qui l'entoure, et les pressions de même nature, mais en sens contraire des précédentes, qui appartiennent à la masse considérée. Les éléments électriques de chaque masse, à cause des énormes vitesses de leurs révolutions, tendent continuellement à fuir par la tangente. C'est ainsi que Rutherford explique la radioactivité. On est bien loin, comme on voit, d'un état

de repos, et quant à la perceptibilité à nos sens, elle n'a aucune importance ici, car, d'après ce que je viens de dire, il faut non seulement admettre les mouvemente cachés, mais reconnaître qu'ils contiennent toute la réalité vraie des phénomènes physiques.

Ritz passe ensuite à examiner la catégorie des hypothèse *dynamiques* en commençant par celle de Le Sage, il en conclut qu'on obtient bien alors la loi de Gravitation pour des corps au repos. Mais, dans le cas des corps mobiles, il y aura frottement, comme dans un gaz. C'est une hypothèse envisagée déjà par Laplace; elle conduit à une sorte de frottement qui devrait retarder de plus en plus la marche des planètes et de la Lune. Et il finit par déclarer cette théorie définitivement inadmissible. La même conclusion, ajoute Ritz, s'impose pour une modification des hypothèses de Le Sage, proposée d'abord par Hooke (contemporain de Newton) et examinée récemment par M. H.-A. Lorentz, qui remplacerait les corpuscules par les ondes sillonnant l'éther dans toutes les directions. Ici, Ritz s'exprime mal en faisant proposer une modification aux hypothèses de Le Sage par Hooke qui est mort 22 ans avant la naissance de Le Sage; mais, à part cela, Ritz ne fait que reprendre les objections de Poincaré sur la production de chaleur, lesquelles tombent toutes dès que l'on considère la dynamique de la Gravitation comme la résultante directe des multiples pressions des radiations qui partent de toutes les masses incandescentes de l'univers. Cette dynamique ne fait pas seulement graviter les astres, mais elle les transporte, voilà le fait capital dont on n'a pas tenu compte. A cette pression universelle électromagnétique tous les astres se font réciproquement écran, et de là l'effet apparent d'attraction. Tous les systèmes sont transportés par la dynamique universelle, mais à l'intérieur de chaque système la dynamique qui domine est celle qui émane de l'activité de la masse centrale et qui s'oppose à l'autre. Comme l'action motrice est dans le milieu et comme les masses sont les mobiles transportés, il n'y a pas de frottement, donc point de cette transformation de l'énergie gravitante en chaleur, calculée par Poincaré.

Au lieu de séparer la Gravitation du déplacement de la Terre, comme de quelque chose ayant une autre origine, on doit les réunir, et alors ce qui semblait invraisemblable devient parfaitement logique. Ensuite Ritz, à propos des hypothèses de Bjerknes et de Riemann, dit: « On est ainsi amené à la conception de J. Bernoulli et B. Riemann, dont l'étude a été récemment reprise par M. Brill. Dans cette manière de voir, tout atome serait une source continuelle d'éther (ou en absorberait continuellement). » Ritz place à côté de Riemann, Jean Bernoulli, contemporain de Newton, élève de Leibnitz et maître d'Euler, lui attribuant l'idée de

l'atome source d'éther, tandis que J. Bernoulli est, après Huygens, le vrai précurseur de la théorie de la Gravitation basée sur l'activité de l'éther constituant des rayons lumineux, qu'il considérait, un siècle avant Poisson, comme des filets d'éther. J. Bernouilli et Euler, les deux plus grands mathématiciens de génie qu'a eu la Suisse, combattirent de toute leur force l'introduction en physique de l'attraction newtonienne, si chère aux mathématiciens modernes.

La lutte dure donc encore, mais, comme toutes les luttes scientifiques, elle n'est pas stérile. C'est la lutte pour la recherche de la vérité. Or, pour découvrir celle-ci, les difficultés qu'il faut vaincre sont si grandes et si nombreuses que nous ne pouvons prétendre y réussir ni en suivant les chemins les plus commodes, ni en économisant les efforts de notre pensée, comme le voudraient MM. Poincaré et Mach. Ma conclusion est, qu'en croyant pouvoir réduire la force gravitante aux actions électriques considérées comme des forces attractives ou répulsives, mais toujours comme des actions à distance et en ne tenant pas compte de la pression des radiations, Ritz a fermé volontairement devant soi l'entrée du seul chemin qui mène à la solution du problème. Ce chemin, que j'ai indiqué dans mes précédentes Notes sur ce sujet, est entièrement tracé par l'action du milieu électromagnétique, comme je viens de le démontrer encore une fois.

Séance du 16 avril

E. Joukowsky et Jules Favre. Note préliminaire sur la tectonique de la partie orientale de la chaîne du Salève. — M. Th. Tommasina. Sur la nature de la pesanteur et sur la mécanique des points matériels.

E. Joukowsky et Jules Favre. *Note préliminaire sur la tectonique de la partie orientale de la chaîne du Salève.*

Le Salève est un anticlinal dirigé du S.W. au N.E., déjeté vers le N.W., surgissant à peu près au milieu de la grande dépression synclinale molassique séparant les Alpes et le Jura.

Les décrochements sont le trait le plus caractéristique de la tectonique de cette chaîne. En effet, elle a été rompue en sept tronçons, ayant été successivement décrochés vers le N.W. Maillard,[1] puis Schardt[2] ont montré les premiers cette structure particulière du Salève et ont signalé trois décrochements : à Sillingy, à Allonzier et à Cruseilles. En réalité, à ce dernier endroit, il existe deux

[1] *Bull. des services de la carte géol. de la France*, n° 22, 1891-92.

[2] *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, vol. XXVIII, p. 69.

décrochements successifs, rapprochés, ayant chacun un rejet horizontal dépassant 1 km. En outre, nous avons découvert deux nouveaux décrochements à Pommier et au Coin, accusant des déplacements horizontaux de 700 et 500 m.

On peut constater d'autres dislocations transversales à la chaîne du Salève, mais qui sont de moindre importance. La Grande-Gorge est déterminée en partie par une faille transversale à lèvre N.E. affaissée. C'est également à une faille à lèvre N.E. soulevée que la Gorge de la Mule doit son existence. La Pointe du Plan, sommet constitué par l'Hauterivien et dominant le plateau Barrémien de Grillet, fait partie d'une aire triangulaire surélevée entre deux failles convergeant vers le N.W.

Les dislocations longitudinales du Salève sont soit des plis-failles, soit des failles.

Le pli-faille le plus important est celui du Grand Salève ; il naît au-dessus des carrières de Veyrier et sa trace disparaît sous les éboulements au delà de la Grande-Gorge. C'est dans la région de la Petite-Gorge que son rejet atteint une valeur maximale de 200 m.

L'anticlinal du Salève se dédouble momentanément dans la région de la Croisette, comme aussi près de la Thuile, grâce à la formation de deux petits synclinaux hauteriviens sur son bord N.W. Les deux petits anticlinaux adventifs, ainsi formés aux dépens du pli principal, ont leurs flancs N.W. rompus et sont chevauchants.

Les failles longitudinales se distinguent de toutes les autres dislocations du Salève par le fait que leurs plans sont comblés soit par des brèches à ciment rouge ou jaune, argilo-gréseux, soit par des grès siliceux identiques à ceux du Sidérolitique. Elles doivent être contemporaines ou un peu antérieures au dépôt de ce dernier terrain.

L'une de ces failles, peu importante, peut s'observer sur le versant N.W. du Petit Salève. La faille de la Petite-Gorge est connue depuis longtemps; C. Lory[1] et A. Favre[2] l'ont étudiée. Elle naît sous le château de Monnetier, longe à une petite distance l'escarpement du Grand Salève, traverse la Petite-Gorge et s'éteint dans la Grande-Gorge. Sa lèvre S.E. est affaissée, son rejet atteint environ 100 m. La grande paroi de rochers dominant Collonges est due à une faille importante à lèvre S.E. soulevée. C'est grâce à une disposition analogue que le grand escarpement s'élevant au-dessus de Pommier a pris naissance.

Les accidents topographiques sont sous la dépendance complète

[1] *Mém. Soc. d'émulation du Doubs*, 1857, p. 290.

[2] *Recherches géologiques*, 1867, t. I, § 244.

des dislocations. Ainsi, quelques-unes des gorges du Salève, comme le Sarrot, la Varappe, le Palavet, la Mule, sont creusées suivant des failles ou des fissures transversales. Les autres, comme la Grande-Gorge, la Petite-Gorge, sont situées au point d'intersection d'accidents longitudinaux et transversaux. Les dépressions transversales de la Croisette, de Cruseilles ont été déterminées par les décrochements cités plus haut. Seule, la vallée de Monnetier fait exception, car il n'existe aucune irrégularité de structure suivant son tracé. Il faut donc la considérer avec Lugeon[1] comme une vallée morte, suspendue, formée soit par antécédence, soit par surimposition.

M. Th. Tommasina. *Sur la nature de la pesanteur et sur la mécanique des points matériels.*

La Note magistrale de M. J. Boussinesq, intitulée: « *Comment peut s'expliquer l'exercice instantané, ou sans propagation successive, de la pesanteur et des actions moléculaires, à toutes les distances où se produisent ces forces autour des points matériels d'où elles émanent* »,[2] traite une question qui est vraiment fondamentale pour la philosophie des sciences, question qui pénètre, on peut le dire, jusqu'à l'origine de la connaissance des phénomènes, en examinant les postulats de la physique théorique et expérimentale. On ne peut que souscrire aux conclusions de cette Note, où, en parlant des quantités réelles de la nature et des quantités idéales du géomètre, divisibles à l'infini, l'auteur dit: « Celles-ci, épuisant la catégorie du *possible*, expriment, en quelque sorte, la *Toute-puissance* dans l'ordre d'idées qui les concerne, tandis que les quantités réelles se réfèrent uniquement à la création présente, ou à un ordre de choses effectif, nullement tenu d'épuiser son idée et d'égaler sa cause. » On ne pourrait mieux dire pour mettre en évidence la valeur du travail mental de l'homme, qui, en partant de l'observation et de l'étude des faits concrets et toujours particuliers de la nature, est arrivé par la voie des généralisations à ces abstractions synthétiques qui constituent les quantités idéales du géomètre.

C'est en utilisant ces notions abstraites et en refaisant le chemin en sens inverse, en les appliquant aux phénomènes réels qui les ont fournies, mais en dépassant les phénomènes apparents pour pénétrer jusqu'au substratum des phénomènes cachés, que M. Boussinesq est arrivé à porter sa perspicace analyse à la limite ultime du monde physique, à ce qui a lieu dans cette région infiniment petite de l'espace que le point matériel occupe avec ses mouve-

[1] *Annales de Géogr.*, t. X, 1901.

[2] *C. R.*, 18 mars 1912, t. 154, n° 12, p. 737.

ments. *Cette conception des points matériels inétendus, si étrange qu'elle paraisse au premier coup d'œil,* dit M. Boussinesq, *nous est donc imposée par la forme même de nos esprits; et, au fond, il n'a jamais dû en exister d'autres, dans la Science, qui fussent formulables.* C'est ainsi qu'elle a été envisagée par Boscovich et acceptée par Ampère, Cauchy, B. de Saint-Venant, etc. Or, bien que les éminents géomètres-mécaniciens et physiciens, cités par M. Boussinesq, aient accepté cette conception comme parfaitement conforme à la véritable structure de la matière, nous ne pouvons pas ne pas reconnaître qu'un point matériel s'il est réel il ne peut pas être inétendu, mais comme l'étendue du point matériel ne joue aucun rôle dans les fonctions que nous lui reconnaissons, nous pouvons lui supposer des dimensions infinitésimales, même nulles, si cela nous est utile comme simplification, nous n'oublierons pas pourtant que nous faisons là une abstraction, et nous n'oublierons pas non plus qu'en supposant que les points matériels sont les constituants ultimes de chaque corps, nous ne pouvons plus considérer autour d'eux que le pur espace géométrique. Les critiques que j'ose présenter à la Note de M. de Boussinesq se rapportent précisément à ce qu'il n'a pas cru devoir tenir compte de cette dernière conséquence.

Le titre même de la Note de M. Boussinesq montre qu'il envisage la solution de la question à l'aide de moyens autres que ceux de la physique cinématique, car son titre met en évidence l'impossibilité mécanique du phénomène qu'il se représente. En effet, aucun principe de mécanique ne saurait admettre quoi que ce soit autour d'un point matériel, quoi que ce soit qui *émane* d'un tel point. La mécanique reconnaît au point matériel un mouvement de translation ou un mouvement de rotation sur lui-même, ou les deux mouvements simultanés et une pression s'effectuant par choc ou par frottement, pression qui est fonction des vitesses réciproques. Entre deux points matériels la mécanique n'admet que l'espace libre. Cet espace libre est autant nécessaire que le point matériel lui-même pour la réalisation du mouvement; cela est absolument assiomatique. Or, si petit que ce soit cet espace de libre parcours, pour le traverser le point matérial emploiera toujours un temps t, qui peut prendre toutes les valeurs sauf celle de zéro.

Tout phénomène physique est une action et, en toute action, si courte soit-elle, le temps intervient, on peut même dire qu'il intervient par définition, car il est permis de définir l'action *l'emploi du temps.* L'expression action instantanée, prise en sens absolu, n'est pas admissible, parce qu'elle contient une contradiction entre les deux termes, on ne peut l'user qu'en sens relatif, pour indiquer une action de très courte durée, où donc la valeur de t est

très petite, mais toujours supérieure à zéro. Quant au principe de l'égalité entre l'action et la réaction, égalité quantitative énergétique, appliqué aux points matériels, cela ne peut signifier qu'une réciprocité parfaite dans leur transmission des vitesses, donc des forces. De cette façon, aucune perte de quantité de mouvement ne saurait se produire dans les relations qui se passent entre points matériels, précisément parce que cela se passe dans le vide absolu. Mais il n'en est plus le cas dans tous les autres phénomènes physiques, où l'on n'a plus affaire à des points matériels isolés, mais à des systèmes cinétiques de points matériels, les *électrons*, qui sont les entités physiques contigües, sans discontinuité, constituant le milieu actif qui remplit tout l'espace autour des masses radiantes et gravitantes de l'univers et formant, en dernière analyse, ces masses elles-mêmes.

M. Boussinesq dit que les principes de la Mécanique supposent que l'action subie par chacun des deux points matériels en présence *émane,* en droite ligne, de la situation même qu'occupe l'autre à l'époque actuelle, et non pas de celle qu'il occupait à une époque plus ou moins antérieure. M. Boussinesq en conclut, avec raison si on admet des émanations par les points matériels, *que c'est là admettre que l'influence de chacun s'exerce à toute distance r* où elle est susceptible d'exister, dès que le point matériel *d'où elle émane* est venu occuper sa situation effective, *sans qu'il faille attendre aucun laps de temps supplémentaire*, qui dépendrait de la distance *r*. Seulement, tout cela tombe si l'on reconnaît qu'aucun principe de la Mécanique ne saurait prendre en considération une émanation non constituée elle aussi de points matériels. M. Boussinesq fait la remarque qu'en effet *les forces de la pesanteur, auxquelles se réduit l'action dont il s'agit dès que la droite r de jonction nous est perceptible*, *se sont toujours manifestées aux astronomes comme instantanées, jusqu'aux plus grandes distances où elles ont été jugées de grandeur appréciable*. Or, en premier lieu, dans ces manifestations il faut considerer l'activité électronique et non plus celle entre points matériels. Deuxièmement, les astronomes ne peuvent conclure qu'à une action simultanée partout et non pas à une action instantanée, du moment qu'ils ne peuvent observer que des mouvements continus. En effet, l'action instantanée qu'ils supposent et qui entre comme telle dans leurs calculs, n'est en réalité qu'une action continue, donc simultanée partout. Les forces de la pesanteur sont l'effet d'un état de contrainte du milieu électromagnétique remplissant l'espace et transmettant les radiations qui le parcourent incessamment en tous les sens. Nous sommes forcés de tenir compte d'un tel milieu lorsque nous nous occupons de la propagation de la gravitation, car en réalité la pesanteur ne se

propage pas, n'étant que l'effet localisé et continu sur chaque atome pondérable de la pression de gravitation.

On ne peut donc conclure ni à des actions instantanées, même moléculaires, parce que toute action est mouvement et tout mouvement emploie du temps, ni à un exercice instantané de la pesanteur, mais à un effet simultané qui la constitue et qui est dû à la pression universelle de gravitation dont l'activité se propage avec la vitesse de la lumière, n'étant autre que la pression des radiations. C'est par cette activité que les systèmes des mondes, en réagissant les uns sur les autres, suivent sans arrêt possible leurs énormes trajectoires. Quant aux points matériels, si l'on ne doit donc rien admettre qui émane et qui existe autour d'eux, on est forcé de reconnaître que leurs coordonnées ne sont pas des simples distances géométriques, qu'elles sont des vitesses et des *vitesses-forces*, du moment qu'ils produisent des chocs et des frottements.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

T. Calzecchi-Onesti. La conduttivita elettrica delle limature metalliche. Contributo alla storia del « Coherer ». (*Vol. in-12° con illustrazioni.* — Texte italien avec traduction française à côté. — Scuola Tipo-Litografica « Figli Providenza », Milano 1912).

Presque tous les auteurs qui ont écrit sur la télégraphie sans fil ou radiotélégraphie n'ont pas oublié dans l'historique du cohéreur de faire la remarque que la découverte du phénomène de la modification électrique de la conductibilité des limailles métalliques, ainsi que la première construction d'un tube à limailles et la constatation qu'on lui faisait perdre complètement la conductibilité acquise, à l'aide d'un simple choc, remontent à l'année 1884, et sont dues au professeur Calzecchi-Onesti, membre du Royal Institut Lombard des Sciences, qui était alors professeur de physique au Lycée « Annibal Caro », à Fermo (Italie centrale). Les résultats de ses recherches ainsi que la description d'un dispositif pour utiliser une des propriétés du tube à limailles comme indicateur sismique, parurent en trois mémoires dans le *Nuovo Cimento,* et furent alors résumés brièvement dans les *Wiedemann Annalen* et dans le Journal de Physique. L'auteur revendique donc, contre M. Branly, la priorité de la découverte des deux faits essentiels sur lesquels ce dernier base son droit de paternité (1890-91) sur le radioconducteur ou cohéreur, appareil qui, comme on sait, fut utilisé quelques années plus tard (1895) par M. Marconi pour réaliser pratiquement son invention de la télégraphie saus fil, par ondes hertziennes.

Les deux propriétés du tube à limailles, qui ont attiré l'attention de Marconi pour en faire son premier appareil récepteur sont les suivants : 1° La propriété de la limaille métallique, placée dans un tube isolant muni de deux électrodes en circuit avec une pile, de ne pas être conductrice en certaines conditions de qualité et de quantité, et de le devenir instantanément sous l'action inductive d'une étincelle ou d'une décharge statique sans contact direct avec le circuit du tube à limaille. 2° Le retour de la limaille à la résistance primitive, interrompant de nouveau le courant dans le

circuit, par un léger choc donné au tube à limaille. Voici maintenant les raisons que l'auteur donne pour expliquer son actuelle revendication de priorité : « Je publie de nouveau, et cette fois avec la traduction française en regard, mes mémoires « *Sur la conductibilité électrique des limailles métalliques* » et « *Sur une nouvelle forme qu'on peut donner à l'avertisseur microsismique* », parus en 1884, 1885, 1886 dans le journal de physique *Il Nuovo Cimento* » : ...« Ma nouvelle publication pourra rétablir auprès des savants la vérité entière, soit parce qu'ils auront l'opportunité d'y trouver mes travaux réunis et reproduits fidèlement, au lieu d'être obligés d'aller les chercher dans le *Nuovo Cimento* de cette époque désormais lointaine, soit parce que leur nouvelle forme les rendra d'une lecture plus aisée ». Et dans la conclusion du volume on lit : « J'espère que le lecteur sera persuadé de l'utilité de cette publication. Elle était nécessaire pour rompre le silence inexplicable de ceux qui ne devaient ni ne pouvaient ignorer mes travaux et pour rectifier et compléter les affirmations de ceux qui, dans l'histoire du cohéreur, ne m'avaient pas oublié, sans avoir, toutefois, bien relevé la part qui m'est due. Dans la reproduction très fidèle de mes mémoires, dans la comparaison absolument objective de mes expériences avec celles de M. Branly, dans l'examen de ce que l'on a écrit sur l'invention du cohéreur, j'ai voulu offrir à ceux qui s'occupent de cette question le moyen de reconstruire la vérité qui restait entièrement ou partiellement méconnue ». Th. T.

Ch.-Ed. Guillaume. Wladimir Feodorovitch Louguinine, avec un portrait, Paris, Maretheux, impr., 1912.

Nous ne voulons pas tarder davantage à signaler à nos lecteurs la notice pleine de charme et de saveur, de cette saveur qui procède d'une amitié délicate et sincère, qu'a publiée il y a quelque temps déjà un ami des *Archives*, M. C.-E. Guillaume, sur un autre ami qu'ils connaissaient de longue date, le physicien russe Louguinine, un de nos plus fidèles collaborateurs, enlevé à la science le 26 octobre 1911. Nous n'avons pas la place de retracer ici cette belle carrière scientifique doublée de l'œuvre éminemment utile d'un philanthrope éclairé, et nous devons renvoyer ceux qui se souviennent de cette figure si sympathique ou ceux qui veulent apprendre à la connaître au portrait si vrai qu'en a donné M. Guillaume.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1911

Décembre

354. Allemann (Otto). Studien in der Cumarongruppe. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

355. Altwegg (Hans). L'action des cyanates d'acyles sur le groupe hydroxyle. *Thèse.* Neuchâtel (Prof. Billeter).

356. Amann (J.). La recherche microchimique de la cellulose digérable dans les matières fécales. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 697.

357. Amberg (K.). Ueber das Mutterkorn von Elymus arenarius. Zürich. Pharm. Lab. des Polytechn. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 849.

358. Bamberger (Eug.). Berichtigung einer älteren Angabe über Phenyl-methyl-triazol. Zürich. — *Berichte* **44.** 3564.

359. Bamberger (Eug.). Ueber Cazeneuves Diphenyl-carbodiazon und das Diphenyl-carbazon. Zürich. Anal.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **44.** 3743.

360. Belenky (Elisabeth). Zur Kenntnis der Quecksilber-Ammoniakverbindungen. *Dissert.* Bern (Prof. Kohlschütter).

361. Böhy (Paul). Eine neue Methode der Bestimmung der Avogadroschen Zahl N. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **56.** 183.

362. Chassin (R.). Neue Versuche über die Haemolyse durch Salze. *Dissert.* Zürich (Dr Höber).

363. Chuard (E.) et Mellet (R.). Analyse d'une eau thermale alcaline du tunnel du Simplon. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **47.** 651.

364. Delpy (Hedwig). Beiträge zur Kenntnis pharmazeutisch verwendeter Labiaten. *Dissert.* Zürich (Prof. Hartwich).

365. Deuss (Elsa). Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten, der spezifischen Wärme und der Schmelzwärme des Rubidiums und der spezifischen Wärme des Cadmiums. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **56.** 15.

366. Dür (Ernst). Beiträge zur Kenntnis der Dioxychalkone. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

367. Ephraim (Fritz). Ueber Diamido-thio-phosphorsäure. Bern. — *Berichte* **44.** 3414.

368. Ephraim (Fritz) und Sackheim (M.). Ueber Hydrazido-phosphorsäure. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 3416.

369. Ephraim (Fritz) und Stein (Rebecca). Ueber Thiophosphate und Thiophosphite. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 3405.

370. Fichter (Fr.) und Beck (Theodor). Die elektrolytische Reduktion nitrierter Rhodan-benzole. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **44.** 3636.

371. Fichter (Fr.) und Becker (Bernhard). Ueber die Bildung von Harnstoff durch Erhitzen von Ammonium-carbaminat. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **44.** 3473.

372. Fichter (Fr.) und Becker (Bernhard). Ueber die Bildung symmetrisch dialkylierter Harnstoffe durch Erhitzen der entsprechenden Carbaminate. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **44.** 3481.

373. Gœschke (A.) und Tambor (J.) Synthese des Butins. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 3502.

374. Hux (Joseph). Ueber die Kondensation von o-Aldehydosäuren mit einigen Methylenverbindungen. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

375. Kappeler (H.). Ueber die Jodoxyde J_6O_{13} und $J_{10}O_{19}$ und über Jodnitrat. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **44.** 3496.

376. Kehrmann (F.) und Knop (Joseph). Ueber Carboxonium-Verbindungen. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 3505.

377. Körner (S.). Action du peroxyde de sodium sur les organomagnésiens. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

378. Laschina (Katharina). Wir die Zersetzung des Harnstoffs unter Einwirkung des Bacillus Pasteuri durch das Solenoid und die von Jaksch angegebenen Salze begünstigt? Zürich. Physiol. Inst. — *Arch. Anat. und Physiol.* **1911.** 260 und *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

379. Maimeri (Carlo). Zur Kenntnis der Acylphenylhydrazone von Chinonen. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

380. Meister (Otto). Die Schutzbehandlung chargierter Seide. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* **24.** 2391.

381. Mélikoff (P.). Méthode pour séparer les phosphomolybdates des silicomolybdates. Genève. — *Comptes rendus* **153.** 1478.

382. Pfeiffer (P.). Entwurf einer chemischen Theorie galvanischer Ketten vom Typus des Daniell-Elementes. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. Elektroch.* **17.** 990.

383. Piotrowski (Heinrich). Ueber die Einwirkung von Ammoniak und Hydrazin auf Verbindungen des Schwefels. *Dissert.* Bern (Prof. Ephraim).

384. Popowitsch (K.). Ueber die Frage der Konstanz in der Milchzusammensetzung im Vergleich zur Serumconcentration. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Schweiz. Milch-Zeitung* **1911.** Nos 4, 6, 8.

385. Prince (Edmond). Beitrag zur Bestimmung des Jods in Jodoform und in Jodiden. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

386. Reverdin (Frédéric). Die chemische Industrie in der Schweiz im Jahre 1910. — *Chem. Industrie* **34.** no 24.

387. Rupe (H.) und Fiedler (F.). Die Einwirkung von Semicarbazid auf Hydroxamsäuren. Basel. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* **84.** 809.

388. Scheidegger (Paul). Synthesen von Dioxy-Naphtochalkonen. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

389. Schoop (M. U.). Die Verzinkung nach dem Schoopschen Metallspritzverfahren. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **35.** 1434.

390. Schott (F.). Beitrag zur colorimetrischen Bestimmung von Salicylsäure und Kupfer. Lausanne. Kantonales Lab. — — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **22.** 727.

391. Stutz (Karl). Ueber das Anhydrisierungsprodukt der Mandelsäure. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **44.** 3485.

392. Tschirch (A.) und Gottlieb (Em.). Ueber ein rezentes Dammarharz aus Mittel-Borneo (Dammar Daging). Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **249.** 701.

393. Tschirch (A.) und Gottlieb (Em.). Ueber ein rezent-fossiles Dammarharz aus Mittel-Borneo. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **249.** 705.

394. Verda (A.). Nouvelles méthodes d'analyse du miel. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 727. 739. 755.

395. Wagner (Hermann). Beiträge zur Kenntnis des Hydroxylamins. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

396. Werner (A.). Sur les composés optiquement actifs du cobalt et du chrome. Zurich. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **32.** 457.

397. Werner (A.). Ueber die raumisomeren Kobaltverbindungen. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Annalen* **386.** 1.

398. Willstætter (Richard) und Asahina (Yasuhiko). Zur Hämopyrrol-Frage. Zürich. Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **44.** 3707.

399. WILLSTÄTTER (Richard) und WASER (Ernst). Ueber Cyclo-octatetraen. Zürich. Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **44.** 3423.

400. ZANGGER (Heinrich). Die Bestimmungen der Avogadroschen Zahl N; die untere Teilungsgrenze der Materie. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. in Zürich* **56.** 168.

1912

Janvier

1. BACH (A.). Zur Kenntnis der Reduktionsfermente. Vorkommen eines Kofermentes der Perhydridase in tierischen Geweben. Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **38.** 154.

2. BATTELLI (F.) und STERN (L.). Bemerkungen zur Haupt- und akzessorischen Atmung. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — — *Biochem. Zeitschr.* **38.** 163.

3. BAUR (Emil). Ueber Kolloide und molekulardisperse Lösungen. Zürich. — *Naturw. Rundschau* **27.** 3.

4. BURMANN (James). Sur le développement des principes actifs de quelques plantes médicinales en 1911. Aigle. — *J. suisse de chimie* **50.** 2 et *Bull. de la Soc. chimique* **11.** 172.

5. CHODAT (R.). Nouvelles recherches sur les ferments oxydants. Genève. Inst. de botanique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **33.** 70. 225.

6. JOVANOVITS (Joh. A.). Das Chrom in komplexen Jonen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

7. JOWLEFF (Wera). Zur Kenntnis der Additionsprodukte aromatischer Nitrokörper. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

8. KESSLER (S.) und RUPE (H.). Die Reduktion der Semicarbazone. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **45.** 26.

9. KOHLSCHÜTTER (Volkmar). Ueber Bildungsformen des Silbers. Bern. Anorg. Lab. des Univ. — *Annalen* **387.** 86.

10. KOWALSKI (J. de). Recherches sur la phosphorescence des composés organiques à basse température. Fribourg. Inst. de phys. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **33.** 5.

11. MÜLLER (Eugen). Zur Kenntnis der Molekülverbindungen der Zinnhalogenide. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

12. RUPE (H.) und OESTREICHER (E.). Die Reduktion der Semicarbazone und die Bildung einiger Oxy-triazole. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **45.** 30.

13. Schulze (E.) und Trier (G.). Zur Frage der Identität des aus Melasse dargestellten Guaninpentosids mit dem Vernin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **76.** 145.

14. Schulze (E.) und Trier (G.). Untersuchungen über die in den Pflanzen vorkommenden Betaine. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **76.** 258.

15. Tschirch (A.) und Machenbaum (Stanislaus). Ueber den Brasil-Copal. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **250.** 6.

16. Tschirch (A.) und Machenbaum (Stanislaus). Ueber den Columbia-Copal. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **250.** 13.

17. Tschirch (A.) und Weil (F.). Beiträge zur Kenntnis der Radix Lapathi. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **250.** 20.

18. Weil (Fernand). Beiträge zur Kenntnis der Radix Lapathi. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

19. Werner (A.). Zur Kenntnis des asymmetrischen Kobaltatoms. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **45.** 121.

20. Willstætter (Richard) und Escher (Heinr. H.). Ueber das Lutein des Hühnereidotters. Zürich. Chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Zeitschr. Physiol. Ch.* **76.** 214.

21. Wourtzel (Eugène). Nouvelle détermination du poids atomique de l'azote. Genève. — *Comptes rendus* **154.** 115.

Février

22. Bretschger (Max). Beitrag zur Kenntnis der Phosphor wasserstoffs, Acetylens und Aethylens. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

23. Brun (Albert). Examen de quelques phénomènes post-volcaniques. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **33.** 176.

24. Burmann (James). Sur un nouveau principe actif de l'ergot de seigle. Aigle. — *J. suisse de chimie* **50.** 85.

25. DeMont (Jules). Etude sur la constitution des pseudo-bases de quinoléinium. *Thèse.* Genève (Dr Kaufmann).

26. Gœschke (A.) und Tambor (J.). Synthese des Butins. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **45.** 186.

27. Golblum (H.) et Terlikowski (F.). Etude de la préparation et des propriétés de quelques perchlorates. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* **11.** 103.

28. Golblum (H.) et Terlikowski (F.). Etude de la solubilité du perchlorate de nickel et du perchlorate de cobalt. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **11.** 146.

29. Jacopmann-Jacopson (Wulf). Recherches sur l'aldéhyde m-méthoxy-p-amino-benzoïque. *Thèse*. Genève (Dr Khostinky).

30. Kehrmann (F.) und Löwy (L.). Ueber das einfachste Thiopyronin. Lausanne. Org. Lab. der Univ. — *Berichte* **45.** 290.

31. Liebl (Franz). Action de l'acide sulfurique sur les nitramines secondaires. *Thèse*. Genève (Dr Reverdin).

32. Misner (R. R.). Sur la constitution des alcaloïdes des quinquinas. *Thèse*. Genève (Prof. Pictet).

33. Oesterle (O. A.). Ueber die Einwirkung von Ammoniak auf Chrysophansäuremonomethyläther. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *J. prakt. Ch.* **85.** 230.

34. Osterwalder (A.). Ueber die Bildung flüchtiger Säure durch die Hefe nach der Gärung bei Luftzutritt. Wädenswil. Schweiz. Vers.-Anstalt. — *Zentralblatt Bakter.* **32.** 481.

35. Reverdin (Frédéric) und Luc (A. de). Nitrierung der Acylderivate des p-Anisidins. Genf. Org.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **45.** 349.

36. Scanavy-Grigorieff (Marie). Ueber mehrkernige Metallammoniake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

37. Schmidt (A.). Apparat zur raschen Kohlensäurebestimmung in Rauch- und Gichtgasen. Zürich. *Stahl und Eisen* **32.** 245.

38. Scholze (Ernst). Zur Theorie der Basen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

39. Schulze (E.) und Trier (G.). Ueber das spezifische Drehungsvermögen des Glutamins, nebst Bemerkungen über glutaminsaures Ammonium. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule. — *Berichte* **45.** 257.

40. Towtkiewicz (Maria Wanda). Sur l'oxydation du chlorure stanneux à l'air. *Thèse*. Genève (Prof. Duparc).

41. Trier (Georg). Ueber die Gewinnung von Aminoäthylalkohol aus Eilecithin. Zürich. Agr.-chem. Lab. der techn. Hochschule — *Zeitschr. physiol. Ch.* **76.** 496.

42. Werner (A.). Ueber Spiegelbild-Isomerie bei Eisenverbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **45.** 433.

43. Wiki (B.). Des rapports entre la constitution chimique et l'action pharmacodynamique des anesthésiques généraux et des somnifères de la série grasse. Genève. Lab. de thérap. expér. de l'Univ. — *Revue méd. de la Suisse romande* **32.** 125.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1912

Le 1, forte bise pendant toute la journée.
3, gelée blanche le matin.
4, rosée le matin.
5, orage à 10 h. 15 m. du matin ; pluie à 10 h. et à 1 h.
6, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin.
7, rosée le matin ; pluie depuis 5 h. 20 m. du soir.
les 9, 11 et 12, rosée le matin.
le 14, la dernière tache de neige a disparu sur le Salève.
15, rosée le matin ; pluie dans l'après midi et fort vent.
16, fort vent pendant la journée ; pluie pendant la plus grande partie de la journée.
17, nouvelle neige sur le Jura et les Voirons.
les 18, 19 et 20, rosée le matin.
le 21, faible pluie le matin : averse à 6 h. et pluie depuis 6 h. 30 m. du soir.
22, pluie à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; orage à 6 h. du soir.
23, pluie à 11 h. 25 m. du matin.
24, pluie jusqu'à 11 h. du matin et de 4 h. 30 m. à 6 h. 30 m. du soir.
25, pluie jusqu'à 10 h. du matin et à 7 h. du soir ; forte bise pendant la journée.
26, très forte bise pendant toute la journée.
28, rosée le matin.
29, orages à 4 h. 45 m. et à 6 h. 30 m. et pluie à 7 h. et à 10 h. du soir.
30, pluie à 7 h. et à 10 h. du soir.
31, pluie dans la nuit ; averse à 3 h. 30 m. du soir et orage à 4 h. 45 m.

GENÈVE — MAI 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										h.	mm.	
1	25.3	25.5	27.0	25.60	+ 0.65	24.2	27.3	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	28.4	8	3	0	4	10.1	....	....
2	27.8	27.2	27.4	27.35	+ 2.37	26.7	27.8	NNE. 1	N. 2	NNE. 1	NNE. 1	9.6	0	1	0	1	13.7	....	....
3	27.7	26.8	26.2	26.91	+ 1.89	25.7	27.8	SSW. 1	N. 1	N. 1	N. 1	4.4	0	0	0	0	13.8	....	....
4	26.9	25.8	26.5	26.32	+ 1.26	25.5	27.0	W. 1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	4.6	1	6	3	4	11.1	....	....
5	28.3	28.7	29.7	28.51	+ 3.41	26.9	30.0	NNW 1	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	6.9	9	9	9	8	4.7	4.2	4
6	30.8	31.9	33.5	31.55	+ 6.41	29.8	34.5	NNE. 1	SE. 1	SSW. 1	SW. 1	4.0	10	9	2	8	2.4	1.4	2
7	35.8	35.3	36.9	35.65	+10.47	34.3	**37.4**	SSW. 1	SW. 1	WNW. 1	SSW. 1	2.5	7	5	10	8	9.3	1.3	5
8	36.8	35.7	36.7	**36.29**	**+11.07**	35.6	37.1	SW. 1	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 1	7.3	8	3	1	4	12.1	....	....
9	35.8	34.9	33.3	34.80	+ 9.54	33.1	36.2	NW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.2	7	5	2	5	13.2	....	....
10	32.0	29.8	29.4	30.70	+ 5.39	28.9	32.7	NNW. 1	SW. 1	N. 1	NNW. 1	2.1	1	5	2	2	13.1	....	....
11	30.1	28.9	29.0	29.30	+ 3.95	28.1	30.2	WNW. 0	N. 1	N. 1	N. 1	2.7	0	1	2	2	13.3	....	....
12	28.1	26.8	27.6	27.62	+ 2.23	26.1	29.1	WNW. 0	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	9.6	0	1	2	2	13.3	....	....
13	29.1	28.7	28.6	28.71	+ 3.27	28.4	29.3	SSW. 1	SSW. 2	SW. 0	SSW. 1	7.4	0	0	1	1	12.2	....	....
14	28.4	25.4	22.6	25.95	+ 0.47	22.6	28.5	N. 1	N. 1	NNW. 1	N. 1	4.4	0	8	3	5	11.9	....	....
15	21.5	19.0	23.6	**21.05**	− 4.48	**19.0**	23.6	S. 1	WSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	7.3	7	10	10	8	6.6	5.9	5
16	24.2	24.8	26.3	24.76	− 0.81	23.2	27.8	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	16.8	9	10	10	10	1.3	6.8	7
17	29.7	30.8	31.1	30.11	+ 4.49	28.6	31.2	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 0	SSW. 1	7.7	9	8	4	7	7.0	....	....
18	30.2	28.7	27.2	28.81	+ 3.15	26.6	30.2	N. 1	N. 1	NW. 0	N. 1	4.8	0	0	0	0	13.9	....	....
19	28.9	27.1	27.2	27.58	+ 1.87	26.3	28.9	NW. 0	N. 1	SW. 1	SW. 1	4.6	0	1	1	1	**14.3**	....	....
20	27.7	25.2	24.9	26.02	+ 0.27	24.2	27.7	E 1	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.1	1	3	8	4	12.3	....	....
21	23.4	23.3	22.4	23.16	− 2.64	22.3	24.3	NNW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	3.1	9	10	10	10	1.1	7.3	6
22	21.1	21.8	23.5	21.71	− 4.13	21.0	23.7	NE. 0	SSW. 1	SW. 1	var.	4.4	10	10	10	9	2.2	**13.2**	**11**
23	22.3	21.3	22.3	22.08	− 3.81	20.7	23.3	W. 1	NNE. 1	E. 1	NNE. 1	4.2	8	10	10	9	3.0	0.3	1
24	24.2	25.8	26.8	24.83	− 1.10	22.7	26.8	N. 1	NNE. 1	SW. 1	SW. 1	3.1	10	10	9	10	....	6.6	6
25	26.9	26.3	26.8	26.60	+ 0.62	26.1	26.9	N. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	11.9	10	10	7	9	1.2	0.2	4
26	25.8	25.5	26.0	25.67	− 0.35	25.0	26.5	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	**29.3**	9	4	9	7	7.9	....	....
27	26.0	25.7	26.0	25.76	− 0.31	25.0	26.6	NNE. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	9.2	9	1	0	2	11.9	....	....
28	27.0	25.4	24.2	25.60	− 0.51	23.6	27.1	SW. 0	N. 1	SW. 1	SSW. 1	5.8	0	0	3	2	**14.3**	....	....
29	23.7	21.8	22.8	22.70	− 3.46	20.8	23.8	SW. 1	SW. 1	NNE. 2	NNE. 1	8.4	6	9	10	8	8.6	1.3	2
30	21.6	20.6	21.5	21.22	− **4.98**	19.7	22.4	N. 1	N. 1	SSW. 1	N. 1	6.5	10	8	10	9	3.3	7.3	8
31	23.8	23.6	23.5	23.31	− 2.94	22.3	24.2	NNW. 1	W. 1	NNW. 0	var.	2.3	9	7	9	8	6.2	1.0	2
Mois	27.15	26.68	27.11	26.97	+ 1.73							7.61	5.4	5.4	5.0	5.4	268.9	56.8	63

GENÈVE — MAI 1912

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	0	0	0	0	0	0	0								0	0	mm.
1	+ 7.4	+11.6	+ 8.5	+ 8.99	− 2.07	+ 6.7	+13.5	62	40	58	55	−14	35	69	10.2	+ 0.1	955
2	5.9	12.4	9.5	**8.68**	− 2.53	2.5	13.8	55	34	54	50	−19	31	72	10.8	+ 0.6	940
3	5.7	11.2	11.3	9.61	− 1.71	**1.6**	16.7	70	32	57	53	−16	22	86	11.2	+ 0.9	930
4	8.0	20.6	14.6	13.22	+ 1.73	4.0	22.5	73	22	57	55	−14	**20**	87	11.3	+ 0.9	935
5	12.7	14.9	11.4	13.36	+ 1.72	10.5	19.8	76	70	90	74	+ 5	18	92	—	—	935
6	10.7	16.1	13.0	12.93	+ 1.15	9.8	18.9	92	68	70	80	+10	54	95	11.0	+ 0.3	930
7	11.0	21.2	13.1	14.35	+ 2.42	6.6	22.9	76	31	83	69	− 1	34	92	10.3	− 0.5	935
8	15.8	22.1	17.0	17.25	+ 5.18	12.4	24.0	78	45	63	65	− 5	40	87	10.8	− 0.1	940
9	13.8	20.8	17.6	16.65	+ 4.14	9.7	22.3	77	47	60	62	− 8	28	83	11.6	+ 0.6	1010
10	15.0	26.6	18.2	18.80	+ 6.41	12.1	27.9	78	29	50	61	− 9	26	85	13.0	+ 1.9	1055
11	16.2	22.7	18.2	18.33	+ 5.83	11.9	25.0	71	48	69	63	− 7	33	83	15.2	+ 4.0	1070
12	18.3	30.0	23.8	22.45	+ 9.81	12.8	**31.3**	66	22	40	47	−23	21	83	—	—	1090
13	19.3	27.6	21.1	**22.95**	**+10.17**	16.1	29.5	61	30	64	**44**	**−26**	26	74	11.3	− 0.2	1150
14	15.9	22.7	19.6	19.20	+ 6.28	14.5	23.5	75	53	58	62	− 8	17	78	11.0	− 0.6	1195
15	18.7	24.8	12.4	18.34	+ 5.27	11.4	26.0	61	43	81	60	−10	35	84	11.7	0.0	1245
16	12.0	13.7	8.6	11.60	− 1.61	7.9	14.8	74	64	81	73	+ 3	60	86	—	—	1305
17	7.5	12.6	9.2	9.52	− **3.83**	6.7	15.0	69	48	67	65	− 5	41	88	8.5	− 3.1	1310
18	6.5	14.6	12.7	10.89	− 2.60	3.2	17.2	80	39	67	63	− 7	29	94	8.7	− 3.4	1385
19	11.4	17.2	16.5	14.45	+ 0.83	6.1	24.8	73	47	64	63	− 7	24	94	—	—	1395
20	15.1	21.0	19.0	18.04	+ 4.28	10.9	25.7	70	44	53	63	− 7	12	92	10.9	− 1.1	1385
21	11.9	15.8	13.3	15.24	+ 1.34	12.9	18.7	78	73	93	74	+ 4	61	94	11.4	− 1.0	1375
22	13.2	15.6	10.8	13.57	− 0.46	10.7	18.8	86	68	95	82	+12	58	96	11.4	− 1.1	1410
23	12.0	14.4	12.0	12.86	− 1.31	10.0	16.8	87	66	78	76	+ 6	55	95	11.4	− 1.2	1415
24	11.6	11.0	9.5	11.39	− 2.91	9.0	15.6	80	80	98	81	+11	57	**99**	11.0	− 1.8	1425
25	10.7	14.5	11.3	11.49	− 2.95	8.9	14.9	93	67	84	**85**	**+15**	64	98	12.0	− 0.9	1430
26	10.7	13.2	11.4	11.81	− 2.76	10.2	14.5	68	63	63	69	− 1	57	90	—	—	1425
27	9.6	14.3	13.4	12.40	− 2.30	8.2	18.0	70	53	76	66	− 4	45	86	13.0	− 0.1	1405
28	11.5	17.8	17.2	14.91	+ 0.08	6.5	21.5	77	47	69	65	− 5	31	92	13.8	+ 0.6	1410
29	16.1	22.4	12.6	16.93	+ 1.97	12.3	23.5	50	41	97	65	− 5	38	98	14.0	+ 0.6	1405
30	12.1	16.7	11.8	13.29	− 1.80	10.7	19.0	94	57	83	82	+12	54	97	13.9	+ 0.4	1405
31	+11.9	+19.3	+13.0	+14.31	− 0.90	+10.0	+21.6	90	59	90	79	+ 9	51	93	14.1	+ 0.8	1415
Mois	+12.30	+18.24	+13.94	+14.45	+ 1.25	+ 9.25	+20.68	75	49	72	66	− 4			11.80	+ 0.08	1213

MOYENNES DE GENÈVE. — MAI 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.26	30.25	30.73	30.62	30.15	29.83	30.16	30.93	30.37
2e »	27.67	27.45	27.80	27.40	26.53	25.92	26.14	27.02	26.99
3e »	24.18	23.97	24.16	23.99	23.84	23.06	23.62	24.28	23.89
Mois	27.27	27.12	27.45	27.23	26.68	26.17	26.54	27.31	26.97

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 9.49	+ 8.34	+10.60	+15.04	+18.05	+17.63	+15.45	+12.47	+13.38
2e »	13.14	11.54	14.09	18.45	20.99	21.01	18.22	15.17	16.58
3e »	11.44	10.64	12.21	14.42	15.91	17.20	13.94	12.04	13.47
Mois	+11.36	+10.19	+12.30	+15.92	+18.24	+18.57	+15.81	+13.19	+14.45

Fraction de saturation en %.

1re décade	78	81	74	56	42	42	54	72	62
2e »	73	75	70	55	44	43	55	68	60
3e »	85	86	79	71	61	57	74	86	75
Mois	79	81	75	61	49	48	62	76	66

Dans ce mois l'air a été calme 97 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{101}{75} = 1.35$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	27.08
Nébulosité..................	5.3
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+14°.83
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+14°.60
Fraction de saturation........	65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	25.24
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	79mm.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne...	(id.).	+13°.20
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	100.1	117.8	95.3	64.7	62.2	54.8	48.6

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	47.5	56.8	75.3	74.7	86 3	86.2

Insolation à Jussy : 224 h. 7.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1912

Le 1, pluie et neige, forte bise le soir.
2, pluie le soir.
4, neige.
les 5 et 7, pluie.
8, 9, 10, 11, 17 et 24, violente bise.
le 15, très fort vent et pluie.
les 16 et 17, neige.
le 20, très fort vent.
21, pluie et très fort vent.
les 22 et 29, pluie.
le 23, très forte bise et neige.
les 24 et 30, neige.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1912

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	60.6	61.0	62.0	61.2	− 1.5	60.5	62.0	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	4.7	5
2	61.9	62.7	63.6	62.7	− 0.1	61.9	63.7	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	5	7	10	7	4.0	....
3	63.3	64.5	65.2	64.3	+ 1.4	63.3	65.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
4	64.5	65.5	66.4	65.5	+ 2.5	64.4	66.4	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	4	0	1	....	....
5	65.8	66.5	67.8	66.7	+ 3.6	65.7	67.9	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	10	10	0	7	3.7	....
6	67.7	68.8	70.5	69.0	+ 5.8	67.6	71.1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	7	5	10	7	....	....
7	71.6	72.8	73.4	72.6	+ 9.3	71.2	**73.5**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	4	3	10	6	4.0	....
8	73.2	72.7	73.3	**73.1**	+ **9.7**	72.6	73.4	NE. 4	NE. 4	NE. 5	NE. 4	10	6	2	6	....	....
9	72.4	73.4	73.4	**73.1**	+ 9.6	72.4	73.4	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	1	2	10	4	....	....
10	71.0	70.7	71.0	70.9	+ 7.3	70.6	72.7	NE. 3	NE. 3	NE. 3	NE. 3	4	2	2	3	....	....
11	70.1	71.5	73.2	71.6	+ 7.9	70.0	73.2	NE. 4	NE. 1	NE. 0	NE. 2	1	4	0	2	....	....
12	72.4	72.6	72.4	72.5	+ 8.8	72.4	73.0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	2	0	2	1	....	....
13	72.0	72.7	72.8	72.5	+ 8.7	72.0	72.9	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	6	3	4	4	....	....
14	71.0	70.4	68.8	70.1	+ 6.1	68.2	71.8	SW. 0	SW. 0	SW. 0	calme	0	5	2	2	....	....
15	67.3	65.7	63.2	65.4	+ 1.3	62.8	68.2	SW. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	4.5	....
16	62.0	63.2	62.0	62.4	− 1.8	62.0	63.2	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	8	10	10	9	16.0	**15**
17	62.0	64.2	66.0	64.1	− 0.2	62.0	66.1	NE. 3	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	0.5	....
18	65.7	67.1	67.4	66.7	+ 2.3	65.6	67.8	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
19	68.0	68.2	68.8	68.3	+ 3.8	67.9	68.9	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	1	0	2	1	....	....
20	68.0	67.2	67.4	67.5	+ 2.9	67.0	68.5	SW. 1	SW. 4	SW. 1	SW. 2	5	8	10	8	....	....
21	66.0	64.6	63.2	64.6	− 0.1	62.8	67.0	SW. 1	SW. 4	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	**17.3**	....
22	61.3	61.3	63.5	62.0	− 2.8	61.3	63.6	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	4	8	5.5	....
23	61.1	60.4	61.3	**60.9**	− 4.0	**60.3**	62.8	NE. 1	NE. 1	NE. 4	NE. 2	3	10	10	8	12.0	8
24	61.0	62.4	63.6	62.3	− 2.7	61.0	63.6	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	2.8	....
25	63.4	63.5	64.2	63.7	− 1.3	63.3	64.2	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	....	....
26	62.8	63.0	63.4	63.1	− 2.0	62.8	63.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	5	10	8	....	....
27	63.4	64.3	65.5	64.4	− 0.8	63.4	65.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	0	1	....	....
28	66.0	66.3	65.8	66.0	+ 0.7	65.0	66.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	5	2	....	....
29	64.0	63.2	62.7	63.3	− 2.1	62.0	65.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	8.9	....
30	61.4	61.3	61.1	61.3	− **4.2**	61.1	62.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	13.4	8
31	62.4	63.5	64.0	63.3	− 2.3	61.8	64.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	8	10	9	....	....
Mois	65.91	66.30	66.67	66.29	+ 2.45							5.7	6.0	6.2	6.0	97.3	36

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1912

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 4.2	− 2.4	− 6.6	− 4.4	− 3.0	− 7 0	− 2.1	95	88	96	93	70	96
2	− 4.6	+ 0.5	− 5.0	− 3.0	− 1.7	− 7.8	+ 0.8	82	58	95	78	57	96
3	− 4.4	1.5	− 2.4	− 1.8	− 0.7	− 6.7	3.2	53	58	88	66	46	90
4	− 2.6	2.6	+ 0.4	+ 0.1	+ 1.1	− 3.2	7.4	54	54	53	54	36	60
5	− 2.0	2.6	− 1.8	− 0.4	+ 0.5	− 2.5	3.0	98	65	83	82	60	98
6	+ 0.3	6.5	− 0.2	+ 2.2	+ 2.9	− 2.4	6.7	74	52	100	75	40	100
7	− 1.0	4.2	+ 0.8	1.3	+ 1.9	− 2.0	5.2	82	81	94	86	68	97
8	+ 1.2	4.4	1.6	2.4	+ 2.8	+ 0.8	4.8	98	68	78	81	65	98
9	0.8	5.7	2.7	3.1	+ 3.4	0.4	7.6	72	33	93	66	26	96
10	3.2	6.3	3.4	4.3	+ 4.5	3.0	7.5	64	52	86	67	45	91
11	3.1	9.6	6.8	6.5	+ 6.5	2.6	10.8	76	44	60	60	37	88
12	8.0	11.2	9.3	9.5	+ 9.4	6.8	14.2	52	47	48	49	38	57
13	10.2	12.6	8.8	**10.5**	+ **10.2**	7.4	14.4	36	28	42	**35**	26	46
14	8.2	12.2	8.6	9.7	+ 9.3	8.0	**14.7**	52	33	44	43	28	88
15	4.6	4.3	+ 3.3	4.1	+ 3.6	+ 2.2	6.5	97	97	96	97	88	98
16	+ 0.4	+ 3.2	− 2.6	+ 0.3	− 0.4	− 4.6	+ 4.0	73	65	91	76	59	98
17	− 7.8	− 5 4	− 6.2	− **6.5**	− **7.3**	− **7.9**	− 5.4	93	78	94	88	74	96
18	− 2.0	+ 5.0	+ 3.0	+ 2.0	+ 1.1	− 5.6	+ 8.7	38	41	32	37	**15**	96
19	+ 0.8	5.8	2.8	3.1	+ 2.0	0.0	8.5	48	51	83	61	37	87
20	0.8	4.5	2.2	2.5	+ 1.3	+ 0.5	4.8	91	73	97	87	70	98
21	1.4	1 6	+ 0.4	1.1	− 0 2	+ 0.2	1.7	96	99	99	**98**	96	100
22	0.4	2.0	− 0.8	0.5	− 0.9	− 1.9	2.0	99	92	95	95	88	100
23	+ 0.1	+ 2.6	− 1 8	+ 0.3	− 1.3	− 2.0	2.8	88	82	95	88	47	98
24	− 2.2	− 1.2	− 2.3	− 1.9	− 3.6	− 2 4	0.2	96	96	90	94	89	98
25	− 1.6	+ 0.4	− 0.8	− 0.7	− 2.5	− 1.8	1.1	96	96	96	96	96	98
26	− 1.6	2.0	− 0.5	0.0	− 1.9	− 1.6	3.6	96	75	95	89	68	98
27	0.0	6.8	+ 1.6	+ 2.8	+ 0.7	− 2.4	7.2	81	55	84	73	47	90
28	+ 1.8	9.0	3.3	4.7	+ 2.5	0.0	9.2	40	35	85	53	28	91
29	1.8	2.6	1.6	2.0	− 0.3	+ 1.4	5.3	95	89	89	91	83	97
30	1.2	3.6	0.6	1.8	− 0.6	+ 0.4	5.4	96	83	97	92	77	98
31	+ 0.3	+ 5.8	+ 1.6	+ 2.6	0.0	0.0	+ 6.7	96	64	93	84	53	98
Mois	+ 0.47	+ 4.20	+ 1.03	+ 1.90	+ 1 40	− 0.91	+ 5.50	78	66	83	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1912

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	67.20	67.86	68.66	67.91	77	61	87	75
2e »	67.85	68.28	68.20	68.11	66	56	69	63
3e »	62.98	63.07	63.48	63.18	89	79	93	87
Mois	65.91	66.30	66.67	66.29	78	66	83	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 1.33	+ 3.19	— 0.71	+ 0.38	+ 0.11
2e »	+ 2.63	6.30	+ 3.60	4.18	4.04
3e »	0.15	3.20	0.26	1.20	0.97
Mois	+ 0.47	+ 4.20	+ 1.03	+ 1.90	+ 1.68

Dans ce mois l'air a été calme 87 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{98}{44} = 2.23$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres....	46.9	69 6	91.3	97.3
Neige en centimètres.. .	—	—	—	36

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME TRENTE-TROISIÈME

(4me PÉRIODE)

1912 — Nos 1 à 6

Pages

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique du 9 mars 1912, à Berne

Compte rendu de la séance de la Société suisse de chimie du 2 mars 1912, à Bâle

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHIMIE

OBSERVATIONS MÉTEOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

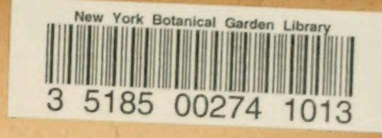
Société générale d'imprimerie, Pélisserie, 18, Genève.

Morphinum. Papaverina Narceina. Thebaina Narcotina. Chelidonina
Chininum. Cinchonina. Cinchonidina. Quinidina. Digitalina. Hyoscyamina
Theobromina. Cafeina. Strychnina. Brucina. Berberina Asparagina
Arbutina. Cyclamina. Elaterina. Helleboreina. Aconitina. Veratrina

Fig. 1

Morphinum. Papaverina Narceina. Thebaina Narcotina. Chelidonina
Chininum. Cinchonina. Cinchonidina. Quinidina Digitalina. Hyoscyamina
Theobromina Cafeina. Strychnina Brucina. Berberina Asparagina
Arbutina. Cyclamina. Elaterina. Helleboreina. Aconitina. Veratrina

Fig. 2


New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 1013

